

Universidad Pública de Navarra

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR

DE INGENIEROS AGRONOMOS

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

NEKAZARITZAKO INGENIARIEN

GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO



TRABAJO FIN DE MASTER

EVALUACIÓN DE MANTAS DE RIEGO FABRICADAS CON MATERIAL RECICLABLE

Presentado por:

ALAITZ ALDAZ LUSARRETA (e)k

aurkeztua

Dirigido por:

MIGUEL ÁNGEL CAMPO BESCOS (e)k

RAFAEL GIMÉNEZ DÍAZ (e)k

zuzendua

Septiembre, 2017 / 2017, iraila

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA /
UNIBERTSITATE MASTERRA NEKAZARITZA INGENIERITZ

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

“EVALUACIÓN DE MANTAS DE RIEGO FABRICADAS CON MATERIAL RECICLABLE”

Trabajo Fin de Master presentado por Dña. Alaitz Aldaz Lusarreta al objeto de optar al título de Máster en Ingeniería Agronómica. Dirigido por Miguel Ángel Campo Bescos y codirigido por Rafael Giménez Díaz, profesores titulares del Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural.

VOB0 El director / codirector del trabajo

Presentado por

Dr. Miguel Ángel Campo Bescos

Alaitz Aldaz Lusarreta

Dr. Rafael Giménez Díaz

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis Directores Académicos, Miguel Ángel Campo Bescos y Rafael Giménez Díaz, por haber sido mis guías y facilitarme toda la ayuda necesaria en la elaboración de este ensayo. Gracias por el apoyo y dedicación ofrecida.

Especial mención a María González de Audicana Amenabar que no ha dudado en ayudarme cada vez que le he pedido consejo. Destacar también a Andrés Ábrego Arlegui, que sin su ayuda no hubiese sido posible poder disponer del sensor multiespectral Sequoia que ha sido fundamental para la experimentación.

A mis compañeros de estudios, principalmente aquellos con los que he estado en estos últimos tiempos, gracias por amenizar las muchas horas de trabajo compartidas.

Y por supuesto a toda mi familia, *aita, ama eta ahizpa*.

A todos vosotros, mila esker.

RESUMEN

En el presente estudio se ha realizado la evaluación de un material textil procedente de residuos de envolturas cárnicas para su uso como manta de riego localizado y subsuperficial en jardinería (césped).

El ensayo consta de seis tratamientos diferentes: los primeros tres tratamientos se han realizado a partir del material reciclable (celulosa). Dos de ellos presentan la disposición de las tiras de celulosa en forma de entramado reticular de alta y baja densidad, mientras que el tercero tiene un entramado irregular de alta densidad. Por otro lado, el cuarto tratamiento se corresponde con el empleo de una manta comercial compuesta únicamente de polipropileno. Finalmente, tanto el tratamiento 5 como el 6 se han empleado a modo de testigos. En el primer testigo solamente se ha colocado el tubo de riego por goteo para poder observar el efecto que tienen las mantas sobre el césped, mientras que el testigo número dos es el único tratamiento del ensayo sin riego.

A lo largo de la experimentación se han realizado diversas pruebas en las que se ha medido el grado de humectación de las mantas y se han determinado las curvas de retención de humedad de las mismas. Asimismo, se ha llevado a cabo un análisis cualitativo (evaluación visual) y uno cuantitativo (procesado de imágenes con cámara de espectro visible (RGB) y sensor multispectral Sequoia), a partir de los cuales se ha realizado una comparativa entre todos los tratamientos.

Los resultados muestran que las mantas de riego elaboradas con celulosa, no presentan - bajo nuestras condiciones experimentales - un mejor comportamiento que el obtenido con similar riego sin manta.

ABSTRACT

The following study presents the evaluation of a textile material from meat wrapping residues to be used as a centralized and subsurface irrigation mat in gardening (lawns).

The trial consists of six different treatments: the first three treatments have been made with recyclable material (cellulose). Two of them present the disposition of the cellulose strips in the form of reticular lattice of high and low density, while the third has an irregular lattice of high density. On the other hand, the fourth treatment corresponds to the use of a commercial mat formed only with polypropylene. Finally, both treatments five and six have been used as control treatments. In the first control, only the drip irrigation tube has been placed in order to observe the effect of the mats on the lawn, while the control number two is the only treatment of the test without irrigation.

Throughout the experiment several tests have been carried out in which the degree of wetting of the mats has been measured and the humidity retention curves of the mats have been determined. In addition, a qualitative analysis (visual evaluation) and a quantitative analysis (image processing with visible spectrum camera (RGB) and Sequoia multispectral sensor) were carried out, from which a comparison was made among all the treatments.

The results show that the irrigation mats made with cellulose do not present - under our experimental conditions - a better behavior than the one obtained with similar irrigation without mat.

ÍNDICE

1.	Introducción y objetivos	1
1.1	Materiales geotextiles para uso en riego subsuperficial. Antecedentes.....	2
2.	Material y métodos.....	5
2.1	Mantas de riego. Elaboración y caracterización	5
2.1.1	Confección.....	5
2.1.2	Curvas de retención del material celulósico	9
2.1.3	Pruebas de humectación	12
2.2	Sitio experimental y definición de tratamientos	15
2.2.1	Preparación del suelo.....	16
2.2.2	Diseño experimental y tratamientos	17
2.2.3	Sistema y tiempo de riego.	19
2.3	Metodología empleada para la realización del ensayo. Procesado de imágenes.	25
2.3.1	Análisis cualitativo.....	25
2.3.2	Análisis cuantitativo.	25
3.	Resultados y discusión	33
3.1	Caracterización del material	33
3.1.1	Prueba de humectación	33
3.1.2	Curvas de Retención de Humedad.....	39
3.2	Procesado de imágenes	40
3.2.1	Análisis cualitativo.....	40
3.2.2	Análisis cuantitativo	44
4.	Conclusiones	51
5.	Bibliografía	53
	Anexo 1. Ficha técnica patentes de mantas de riego	57
	Anexo 2. Ficha técnica mantas de riego comerciales	139
	Anexo 3. Resultados prueba humectación del material celulósico	144
	Anexo 4. Evolución temporal del crecimiento vegetativo de los tratamientos.....	149
	Anexo 5. Procesado de imágenes. Análisis cualitativo del crecimiento vegetal	165
5.1	Evolución de la repetición 2 en cada tratamiento	165
5.2	Primer corte realizado en el lateral de cada microparcela de ensayo.....	166
5.3	Segundo corte realizado en cada microparcela de ensayo. Vista alzado.	166
5.4	Segundo corte realizado en cada microparcela de ensayo. Vista planta.	167
5.5	Detalle radicular de cada tratamiento.	167

Anexo 6. Procesado de imágenes. Análisis cuantitativo del crecimiento vegetal	168
6.1. Evolución tratamientos. Distribución de frecuencia de tonos de verde (G) del espectro visible	168
6.2. Evolución tratamientos. Imágenes RGB rectificadas.	169
6.3. Distribución de frecuencia de tonos de verde (G) del espectro visible (6ª semana de experimentación)	170
6.4. Imágenes RGB rectificadas de la 6ª semana de experimentación.....	171
6.5. Distribución de frecuencia de tonos de verde (G) obtenidas con cámara Sequoia (6ª semana de experimentación)	172
6.6. Imágenes RGB rectificadas realizadas con Sequoia de la 6ª semana de experimentación	173
6.7. Valores del índice NDVI.....	174
Anexo 7. Análisis de varianza	175
7.1. Evolución de tonos de verde por tratamiento en el tiempo	175
7.1.1. Evolución por tratamiento	175
7.1.2. Evolución semanal	176
7.2. Resultados análisis de varianza.....	179
7.2.1. Resultados obtenidos en el análisis de la evolución por tratamiento	179
7.2.2. Resultados obtenidos en el análisis de la evolución semanal	181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Patentes de mantas de riego geotextiles publicadas en las últimas décadas.	3
Tabla 2. Mantas de riego geotextiles comerciales.	4
Tabla 3. Características de los distintos tipos de mantas confeccionadas.	5
Tabla 4. Resultados del análisis de suelo de la zona del ensayo.	16
Tabla 5. Nomenclatura y características de cada uno de los tratamientos del ensayo.	18
Tabla 6. Fecha y duración (h) del riego por aspersión aplicado los primeros días del ensayo.	19
Tabla 7. ET_0 (mm) según el modelo de Penman Monteith. (Fuente: Estudio Agroclimático de Navarra).	21
Tabla 8. Valores tabulados de K_c en el cultivo de césped. (Allen et al., 2006).	22
Tabla 9. Valores de K_d en función de la densidad de vegetación (De los Ángeles Megía, 2009).	22
Tabla 10. Deficiente de microclima (De los Ángeles Megía, 2009).	23
Tabla 11. Evapotranspiración de cultivo en los meses de abril y mayo.	24
Tabla 12. Tiempo de riego necesario en los meses de abril y mayo.	24
Tabla 13. Relación humedad-succión de las cintas de celulosa a 30 kPa, 100 kPa y 1.500 kpa.	39
Tabla 14. Mediana y desviación estándar de los resultados obtenidos en el análisis del NDVI de las imágenes realizadas con sensor Sequoia (repetición 2).	48
Tabla 15. Dispersión del agua en la manta durante la prueba de humectación.	144
Tabla 16. Mediana y desviación estándar de cada tratamiento.	177
Tabla 17. Mediana y desviación estándar del NDVI de cada tratamiento.	177
Tabla 18. Resultados análisis de varianza Tratamiento 1.	179
Tabla 19. Resultados análisis de varianza Tratamiento 2.	179
Tabla 20. Resultados análisis de varianza Tratamiento 3.	179
Tabla 21. Resultados análisis de varianza Tratamiento 4.	180
Tabla 22. Resultados análisis de varianza Tratamiento 5.	180
Tabla 23. Resultados análisis de varianza Tratamiento 6.	180
Tabla 24. Resultados análisis de varianza 3ª semana de ensayo.	181
Tabla 25. Resultados análisis de varianza 6ª semana de ensayo.	181
Tabla 26. Resultados análisis de varianza 9ª semana de ensayo.	181
Tabla 27. Resultados análisis de varianza del NDVI en la 6ª semana de ensayo.	181

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una tira de celulosa cosida en los extremos.....	6
Figura 2. Esquema de la confección de una manta de riego con entramado reticular de baja densidad.	6
Figura 3. Disposición de las tiras de celulosa en las mantas de entramado reticular.	7
Figura 4. Esquema de la confección de una manta de riego con entramado reticular de alta densidad.	7
Figura 5. Esquema de la confección de una manta de riego con entramado irregular.	8
Figura 6. Disposición de las tiras de celulosa en la manta de entramado irregular.	8
Figura 7. Esquema de la confección de una manta de riego geotextil (polipropileno).	9
Figura 8. Regiones de la curva característica de agua del suelo (Sillers et al., 2001).	10
Figura 9. Cámara de presión hermética de acero.	12
Figura 10. Tiras de celulosa sobre placa cerámica.	12
Figura 11. Montaje de los elementos empleados en las pruebas de humectación.	13
Figura 12. Ubicación del ensayo en la Finca de Prácticas de la UPNA.	15
Figura 13. Distribución de los tratamientos en parcela de ensayo.	17
Figura 14. Imagen de la distribución de los tratamientos del ensayo.	18
Figura 15. Esquema del sistema de riego empleado en el presente ensayo.	20
Figura 16. Instalación de riego por goteo realizado para el presente ensayo.....	20
Figura 17. Ejemplo de una imagen tomada en campo.	27
Figura 18. Coordenadas asignadas a cada una de las dianas.	27
Figura 19. Ejemplo de una imagen georeferenciada.	28
Figura 20. Ejemplo de recorte de la imagen anterior (Figura 19).	28
Figura 21. Ejemplo de distribución de frecuencia de tonos de verde (G) correspondiente a la imagen de una parcela de ensayo.	29
Figura 22. Ejemplo de un diagrama de caja y bigote (letras distintas indican diferencias significativas (95 %)).	29
Figura 23. Ejemplo de banda roja.	30
Figura 24. Ejemplo de banda infra rojo cercano.	30
Figura 25. Ejemplo de histograma NDVI.	31
Figura 26. Inicio y fin de la prueba de humectación en manta de material reciclable con entramado irregular de alta densidad.	34
Figura 27. Inicio y fin de la prueba de humectación en manta de material reciclable con entramado regular de baja densidad.	34
Figura 28. Inicio y fin de la prueba de humectación en manta de material reciclable con entramado regular de alta densidad.	35
Figura 29. Inicio y fin de la prueba de humectación en manta geotextil (polipropileno)	35
Figura 30. Representación esquemática del desarrollo del bulbo húmedo en manta de riego de material reciclable con entramado irregular de alta densidad.	36
Figura 31. Representación esquemática del desarrollo del bulbo húmedo en manta de riego de material reciclable con entramado reticular de baja densidad.	36
Figura 32. Representación esquemática del desarrollo del bulbo húmedo en manta de riego de material reciclable con entramado reticular de alta densidad.	37
Figura 33. Representación esquemática del desarrollo del bulbo húmedo en manta de riego geotextil (polipropileno).	37
Figura 34. Representación en escala logarítmica de la curva de retención de humedad de la celulosa.	39
Figura 35. A) Tratamiento 1 (con riego, sin manta) 9ª semana de ensayo y B) Tratamiento 6 (sin riego ni manta) 9ª semana de ensayo.	40
Figura 36. A) Tratamiento 1 (sin riego ni manta) rep.2 y B) Tratamiento 5 (manta geotextil) rep.2 de la 5ª semana de ensayo.	41
Figura 37. Orden decreciente de los tratamientos según vigor.	42
Figura 38. Ejemplo de corte transversal realizado en los tratamientos.	43

Figura 39. Ejemplo histograma de distribución de frecuencia de tonos de verde (G) irregular (Tratamiento 4 rep.2).	44
Figura 40. Representación de la evolución temporal de cada tratamiento (letras iguales indican diferencias no significativas (95%)).	44
Figura 41. A) Situación inicial y B) situación del Tratamiento 6 en la 9ª semana de ensayo.	45
Figura 42. A) Paleta de colores verdes y B) Paleta de colores grises.	46
Figura 43. Histogramas de frecuencia obtenidos en el análisis del NDVI de las imágenes realizadas con sensor Sequoia (repetición 2).	47
Figura 44. Clasificación de tratamientos tras el análisis cuantitativo.	48
Figura 45. A) Representación de la intensidad de verde de cada tratamiento en la 6ª semana de ensayo y B) Representación del valor de NDVI de cada tratamiento en la 6ª semana de ensayo (letras iguales indican diferencias no significativas (95 %)).	49
Figura 46. Representación de las medianas correspondientes a los valores de NDVI (rescalados) y de los tonos de verde del espectro visible.	49
Figura 47. Evolución de la dispersión del agua en manta de riego con entramado irregular	145
Figura 48. Evolución de la dispersión del agua en manta de riego con entramado regular de baja densidad.	146
Figura 49. Evolución de la dispersión del agua en manta de riego con entramado regular de alta densidad.	147
Figura 50. Evolución de la dispersión del agua en manta de riego geotextil.	148

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El uso de agua sin restricciones ha crecido a nivel global a un ritmo de más del doble del aumento de la población en el siglo XX, hasta tal punto que en muchas regiones ya no es posible el suministro de un servicio de agua para consumo. La presión demográfica, el ritmo de desarrollo económico, la urbanización y la contaminación están ejerciendo una presión sin precedentes sobre un recurso renovable pero finito, sobre todo en regiones áridas y semiáridas. Concretamente, la agricultura es el sector económico en el que la escasez de agua tiene más relevancia, siendo el responsable del 70% de las extracciones de agua dulce y de más del 90% de su uso consuntivo (FAO, 2013).

Junto con la problemática del excesivo uso del agua, la calidad ambiental es una de las grandes preocupaciones de la sociedad moderna. Como ya es sabido, el crecimiento de la contaminación ambiental afecta directamente al aumento del calentamiento global, siendo por tanto necesaria la búsqueda de alternativas de cambio que la sociedad en su conjunto debe abordar. Una respuesta posible es el avance sobre la sustentabilidad ambiental mediante el rediseño de las industrias, bajo un sistema económico de modelo circular (Felber, 2011; Lett, 2014;).

El concepto de economía circular se apoya en los fundamentos de la escuela ecologista, y propone un cambio al paradigma “reducir, reutilizar y reciclar” por una transformación más profunda y duradera, que permita disminuir el impacto causado por las actividades humanas sobre el medio ambiente. Este modelo otorga al residuo un papel dominante y se sustenta en la reutilización inteligente del desperdicio, sea este de naturaleza orgánica o de origen tecnológico, en un modelo cíclico que imita a la naturaleza y se conecta con ella. Bajo este enfoque, el residuo pierde su condición de tal y se convierte en la materia prima o se transforma para formar parte de nuevos productos tecnológicos, con un mínimo gasto energético (Felber, 2011; Irigoyen, 2016; Lett, 2014).

Las Industrias Agroalimentarias, incluidas las cooperativas, generan en el desarrollo de sus actividades una serie de residuos, peligrosos y no peligrosos, a los que es necesario proporcionar una correcta gestión. Esta gestión debe de ir acompañada de una labor previa de minimización en la generación de los mismos. Asimismo, en la actualidad la industria agroalimentaria muestra un gran interés por el aprovechamiento de los residuos y subproductos. Las principales empresas y organismos europeos ofertan y demandan tecnologías dirigidas a la explotación de residuos, fomentada en parte por la Directiva Marco de Residuos que establece la obligatoriedad de su recogida y reutilización (Directiva 2008/98/CE, 2008; Calvo *et al.*, 2012).

La Directiva Marco de Residuos dispone un marco jurídico para el tratamiento de los residuos en la Unión Europea. Su objetivo es proteger el medio ambiente y la salud humana enfatizando la importancia de utilizar unas técnicas adecuadas de gestión, recuperación y reciclado de residuos para reducir la presión sobre los recursos y mejorar su uso. En este sentido, se confirma el principio “quien contamina paga”, por el que el productor original de los residuos debe pagar los costes de la gestión de dichos residuos. Igualmente, es de obligado cumplimiento para todas las empresas que la gestión de los residuos se realice sin crear riesgos para el agua, el aire, el suelo, las plantas o los animales, sin provocar incomodidades por el ruido o los olores y sin atentar contra los paisajes ni contra los lugares de especial interés.

Cabe destacar que, los productores o poseedores de residuos deben tratarlos ellos mismos o hacer que sean tratados por un operador oficialmente reconocido. Estos deben estar autorizados y son inspeccionados periódicamente (Directiva 2008/98/CE, 2008).

Un ejemplo de residuos de la industria agroalimentaria son los restos de celulosa provenientes de envolturas cárnicas (embutidos). Concretamente, se trata de un material empleado para la producción de envolturas cárnicas de manera industrial. La celulosa actúa solamente como un molde de cocción, y generalmente es pelada por el fabricante antes de su venta al consumidor final. A partir de una idea de Moisés Catalán planteada a investigadores del grupo de investigación Therrae de la UPNA, se ha pensado que dicho material podría ser reciclado para la elaboración de mantas de riegos localizado subsuperficial. La utilización de mantas subsuperficiales permite reducir significativamente el uso de agua, fertilizantes y herbicidas, minimizando así los costos operativos continuos. Al mismo tiempo, el hecho de que las mantas estén enterradas en el suelo facilita el tránsito y, si se mantiene adecuadamente, pueden durar décadas. Del mismo modo, al suministrar agua y nutrientes directamente a la zona de las raíces, las plantas son más saludables y tienen un rendimiento mucho mayor, siendo posible incluso el empleo de agua de baja calidad (Payero *et al.*, 2005 y Irrigation & Water Technologies, 2016). Sin embargo, las mantas de riego comerciales son en general de elevado coste ya que normalmente se destinan a riegos en estadios de fútbol, campos de golf y jardines.

El objetivo del presente trabajo es realizar la evaluación de un material textil celulósico procedente de residuos de envolturas cárnicas para su uso como manta de riego localizado y subsuperficial en jardinería (césped).

Así pues, mediante el empleo de estas mantas de riego se pretende proporcionar una solución a los dos grandes problemas mencionados al inicio del presente apartado. Es decir, el uso excesivo del agua por parte de la agricultura y la gran cantidad de residuos que generan las industrias. Realizando el aprovechamiento del residuo celulósico, se consigue hacer más eficiente el uso de los recursos industriales, dando paso a un modelo económico alternativo, viable y sostenible para el futuro, es decir, la economía circular. Además del beneficio ambiental, la fabricación de estas mantas se plantea como una alternativa rentable ante la generación de los residuos de las Industrias Agroalimentarias, ya que supondrá un ahorro considerable en los costes al no tener que realizar la gestión residual de los mismos.

1.1 MATERIALES GEOTEXTILES PARA USO EN RIEGO SUBSUPERFICIAL. ANTECEDENTES.

Dentro del riego por goteo subsuperficial, en las últimas décadas se ha ido desarrollando una nueva tecnología que consiste en aplicar este sistema en mantas de riego fabricadas a partir de material geotextil. Este innovador sistema se basa en el empleo de geotextiles específicos para absorber el agua de los goteros y transportarla través del flujo de masa y la acción capilar a lo largo del geotextil. De esta manera, se consigue un aumento en la expansión del bulbo húmedo a través del suelo, sin necesidad de aplicar una mayor cantidad de agua. Tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, la utilización de las mantas subsuperficiales presentan diversas ventajas dentro de las cuales destaca la reducción en el uso de agua, fertilizantes y herbicidas, minimizando así los costos operativos continuos.

A finales de los años 90 comienzan a patentarse las primeras mantas de riego compuestas de material geotextil. A continuación, se muestran las patentes publicadas en las últimas décadas (Tabla 1).

Tabla 1. Patentes de mantas de riego geotextiles publicadas en las últimas décadas.

Patente citada	Fecha de presentación	Fecha de publicación	Título	Bibliografía
US 5938372 A	05/03/1997	17/08/1999	Subsurface irrigation apparatus and method	Lichfield, 1999
US 6712552 B1	10/07/2002	30/03/2004	Geosynthetic material irrigation system	Kepler <i>et al.</i> , 2004
DE 10118643 B4	14/04/2001	12/08/2004	Textile Irrigation Mat	Arnold <i>et al.</i> , 2004
WO 2009015911 A2	12/02/2008	05/02/2009	Watering mat for the large-area distribution of water	Helbig, <i>et al.</i> , 2009
DE 102011083742 A1	29/09/2011	28/03/2013	Patentschrift	Roess <i>et al.</i> , 2013a
US 20130074400 A1	26/09/2012	02/03/2013	Subsurface Irrigation Mat	Roess <i>et al.</i> , 2013b
WO 2016046264 A1	23/09/2015	31/03/2016	Watering mat for supplying fluids for the root region of plants, and watering system	Haub <i>et al.</i> , 2016

Todas las patentes anteriormente citadas (*Tabla 1*) tienen su principal aplicación en jardinería y paisajismo, siendo habitual también su uso en lugares con actividades lúdicas tales como campos de fútbol o campos de golf. En la ficha técnica (*Anexo 1. Ficha técnica patentes de mantas de riego*) de todas las mantas de riego subterráneo se recalca que el diseño de todas ellas está planteado como una solución al habitual tránsito de gente en estos ámbitos, ya que se encuentran bajo el suelo y no impiden el paso, permitiendo realizar cualquier tipo de actividad en la superficie del terreno.

Asimismo, las patentes WO 2009015911 A2 y US 6712552 B1 son frecuentemente utilizadas también en el sector de la agricultura, estando esta última especialmente diseñada para su aplicación en cultivos en hilera. Del mismo modo, la manta de riego subterráneo patentada con el nombre de *Textile Irrigation Mat*, es muy empleada en el ámbito de la horticultura.

Por otro lado, como se puede observar en el *Anexo 1. Ficha técnica patentes de mantas de riego*, todas las patentes incluyen diferentes dispositivos de riego en el interior de la manta para la distribución uniforme del agua a la zona radicular de las plantas. Además, en el caso concreto de la manta con el título de *Subsurface irrigation apparatus and method* está compuesta por varios elementos de riego, dentro de los cuales se incluye una válvula y diversos dispositivos de control como por ejemplo un sensor de humedad. Además, lleva incorporado un tubo de riego por goteo recubierto de un material fibroso que facilita la inhibición del paso de las raíces al mismo.

Finalmente, cabe mencionar que la patente DE 102011083742 A1 destaca por su bajo coste comercial.

Además de las patentes anteriormente mencionadas, en la actualidad existen diversos tipos de mantas de riego geotextiles comerciales tanto a nivel nacional como internacional. En la siguiente Tabla 2 se recogen algunas de estas mantas comerciales cuya ficha técnica puede consultarse en el *Anexo 2. Ficha técnica mantas de riego comerciales*.

Tabla 2. Mantas de riego geotextiles comerciales.

Marca	Nombre	Origen	Material	Medidas		Caudal (l/h)	Presión de trabajo (bar)	Bibliografía
				Ancho (m)	Largo (m)			
Aquanea	Manta de riego Dripitex	España	Vellón de polipropileno	0,80	0,75	2,20	01-abr	Aquanea bioingeniería aplicada al paisajismo, 2016
Hunter	Eco-Mat 16	España	Vellón de polipropileno	0,80	1,00	2,20	1,4-3,4	Hunter built on innovation, 2016
	Eco-Mat 17	España	Vellón de polipropileno	0,80	0,90	2,20	1,4-3,5	
Reimann Emsdetten	Vivapol Manta Subterránea	Alemania	Fibras textiles	0,10	50			Pro & Garden todo para el cultivo, 2016
KISS	Small Lawns & Garden kits	Australia	Vellón de polipropileno	0,50	50	-	-	KISS Sub-surface textile irrigation, 2016a
				0,50	100	-	-	
				0,50	150	-	-	
				0,50	200	-	-	
	Medium Lawns & Garden kits	Australia	Vellón de polipropileno	0,50	250	-	-	KISS Sub-surface textile irrigation, 2016b
				0,50	300	-	-	
				0,50	350	-	-	
				0,50	400	-	-	
	Large Lawns & Garden kits	Australia	Vellón de polipropileno	0,50	600	-	-	KISS Sub-surface textile irrigation, 2016c
				0,50	800	-	-	
				0,50	800	-	-	
DCtech	Proctor Geo EcoRain	Australia	Vellón de polipropileno	0,80	0,75	2,20	1,4	DCtech, 2016

Las mantas de riego citadas en la Tabla 2 presentan un elevado coste comercial, por lo que el empleo de las mantas de riego elaboradas con material reciclable conllevaría un ahorro considerable al comprador. Por otro lado, también supone un beneficio económico importante para las industrias Agroalimentarias, ya que actualmente tienen que costear la gestión de dicho residuo. Al tratarse de un material al que se le va a proporcionar un segundo uso, las industrias se evitarían dicho coste de gestión. Así pues, además de la ventaja económica, mediante el empleo de las mantas de riego recicladas se consigue dar una solución al residuo celulósico, dándole un nuevo uso y por consiguiente, siendo beneficioso para el medio ambiente.

Por otro lado, es importante mencionar que, todas las mantas de riego patentadas y comercializadas están fabricadas a partir de geotextiles, por lo que el empleo de la celulosa como materia prima en las mantas de riego subterráneo supondría una novedad en el mercado.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 MANTAS DE RIEGO. ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN

Se han confeccionado tres tipos de mantas de riego a partir del material reciclable (tiras de celulosa). Dos mantas se han fabricado con las tiras de celulosa con un entramado reticular, diferenciándose entre sí por la distinta cantidad o densidad del material usado (alta y baja densidad). Una tercera manta se ha elaborado con un entramado irregular, de alta densidad. Cabe destacar que, para poder realizar adecuadamente la caracterización del producto y antes de comenzar con el ensayo en campo, estas 3 mantas de riego han sido sometidas a pruebas de humectación en laboratorio con sendos emisores de riego colocados sobre las mantas (apartado 2.1.3. *Pruebas de humectación*).

2.1.1 Confección

A continuación, se describe la metodología y materiales usados en la confección de los distintos tipos de mantas de riego empleadas en el ensayo objeto de estudio (Tabla 3). Cabe destacar que la sola confección de estas mantas demandó alrededor de dos meses de arduo trabajo ya que, al tratarse de una prueba piloto, dichas mantas se hicieron manualmente, con ayuda de máquinas de coser de uso doméstico. Sin embargo, el tiempo y esfuerzo de producción se reducirían considerablemente con el uso de maquinaria industrial.

Tabla 3. Características de los distintos tipos de mantas confeccionadas.

	Material	Características
Manta 1	Celulosa	Entramado reticular de baja densidad
Manta 2	Celulosa	Entramado reticular de alta densidad
Manta 3	Celulosa	Entramado irregular de alta densidad
Manta 4	Polipropileno	Capas de polipropileno superpuestas

❖ Mantas de riego compuestas de celulosa

Material. Para la fabricación de tres mantas de riego se ha empleado como material reciclable la celulosa, sustancia incolora, insoluble en agua y en la mayor parte de los disolventes orgánicos (Beyer y Walter, 1987). Se trata de un polímero cuya estructura ha sido modificada químicamente para conseguir nuevos polímeros de interés comercial. En este caso, el polímero obtenido para la composición de las mantas ha sido acetato de celulosa. El acetato de celulosa es un derivado celulósico de gran consumo por su extenso uso para lacas, película fotográfica y fibras (seda de acetato). Se obtiene por tratamiento de la celulosa con anhídrido acético, en medio de ácido acético o de diclorometano. Asimismo, presenta gran resistencia al impacto y propiedades eléctricas buenas y la ventaja de una baja inflamabilidad. Tiene un punto de reblandecimiento relativamente bajo y una elevada capacidad de absorción de agua. Entre sus propiedades también destacan su alto brillo y transparencia (Beyer *et al.*, 1987; Primo, 1995; McMurry, 2012).

Diseño y confección. En primer lugar, a partir de la bobina de celulosa, se cortan tiras de 1 m de longitud que posteriormente son cosidas unas con otras por ambos extremos (Figura 1). La cantidad de tiras de celulosa unidas entre sí, depende de la densidad de la manta que se vaya a confeccionar (baja y alta densidad, ver abajo).

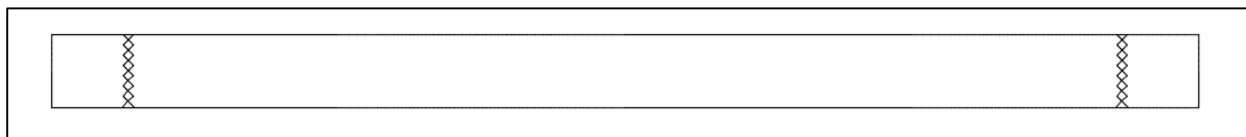


Figura 1. Esquema de una tira de celulosa cosida en los extremos.

Para la manta con *entramado reticular de baja densidad* se han unido por un lado, dos tiras de celulosa y por otro lado 3 tiras de celulosa. La primera capa de la manta está compuesta de 20 líneas, de dos tiras de celulosa superpuestas cada una de ellas, mientras que la segunda capa la forman otras 20 líneas de 3 tiras de celulosa superpuestas. Una vez se han confeccionado las dos capas, la primera de ellas se coloca en dirección horizontal y la segunda en dirección vertical y se procede al cosido de ambas por los cuatro laterales (Figura 2 y Figura 3). A continuación, se cose en ambas caras del manto una última fina capa de polipropileno. Tras ello, se realiza el mismo procedimiento consiguiendo otras dos capas que son unidas a las dos primeras, conformando así la manta de baja densidad de 1225 g.

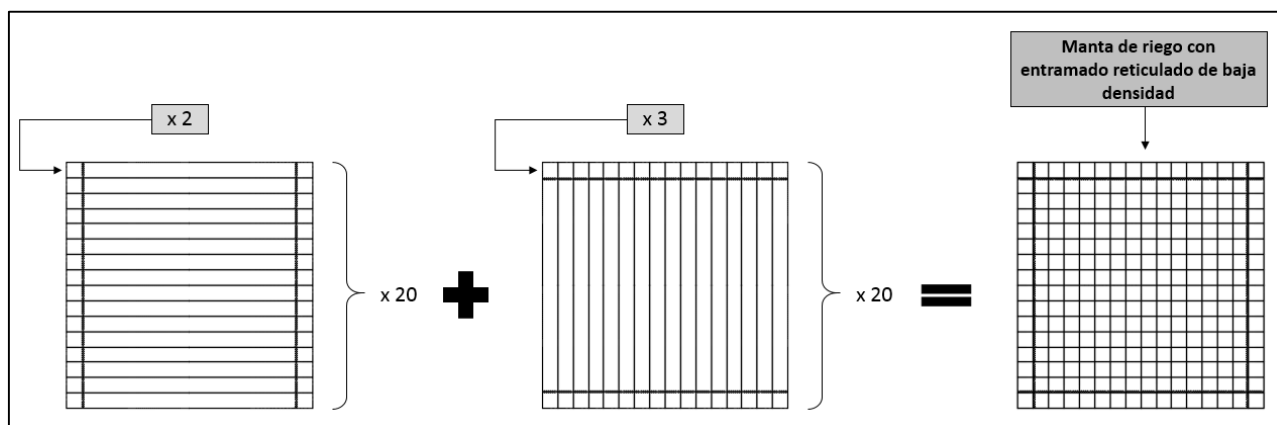


Figura 2. Esquema de la confección de una manta de riego con entramado reticular de baja densidad.

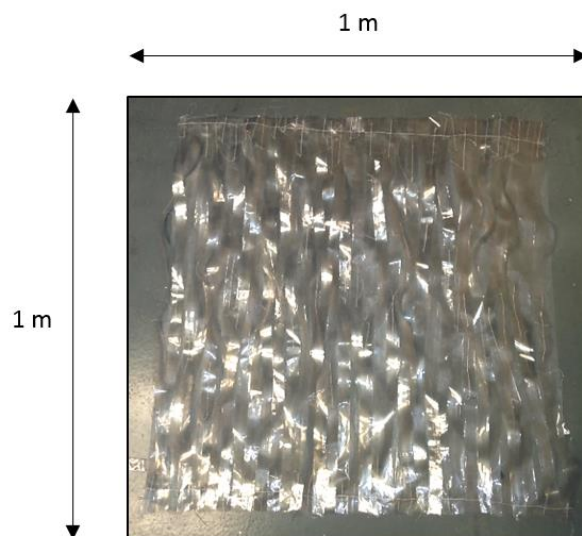


Figura 3. Disposición de las tiras de celulosa en las mantas de entramado reticular.

En cuanto a la manta con *entramado reticular de alta densidad*, se elabora de la misma manera que la anterior y la única diferencia está en el número de tiras de celulosa que se solapan. En este caso, se cosen por un lado 4 tiras de celulosa superpuestas y por otro lado 6 tiras de celulosa superpuestas, obteniendo así la segunda manta de riego de 1975 g/m^2 (Figura 4).

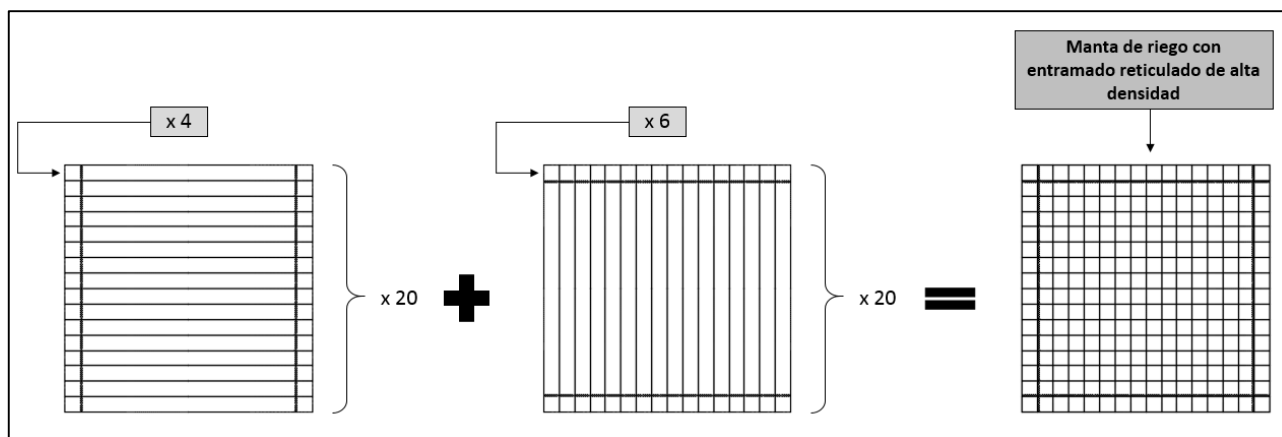


Figura 4. Esquema de la confección de una manta de riego con entramado reticular de alta densidad.

Para la fabricación de la tercera manta con *entramado irregular*, se cortan tiras de celulosa de aproximadamente 1 m de longitud y se disponen de manera desordenada en el interior de un saco de polipropileno. En la confección de esta manta se unen dos de estos sacos, pesando cada uno de ellos alrededor de 1000 g/m^2 (Figura 5 y Figura 6).

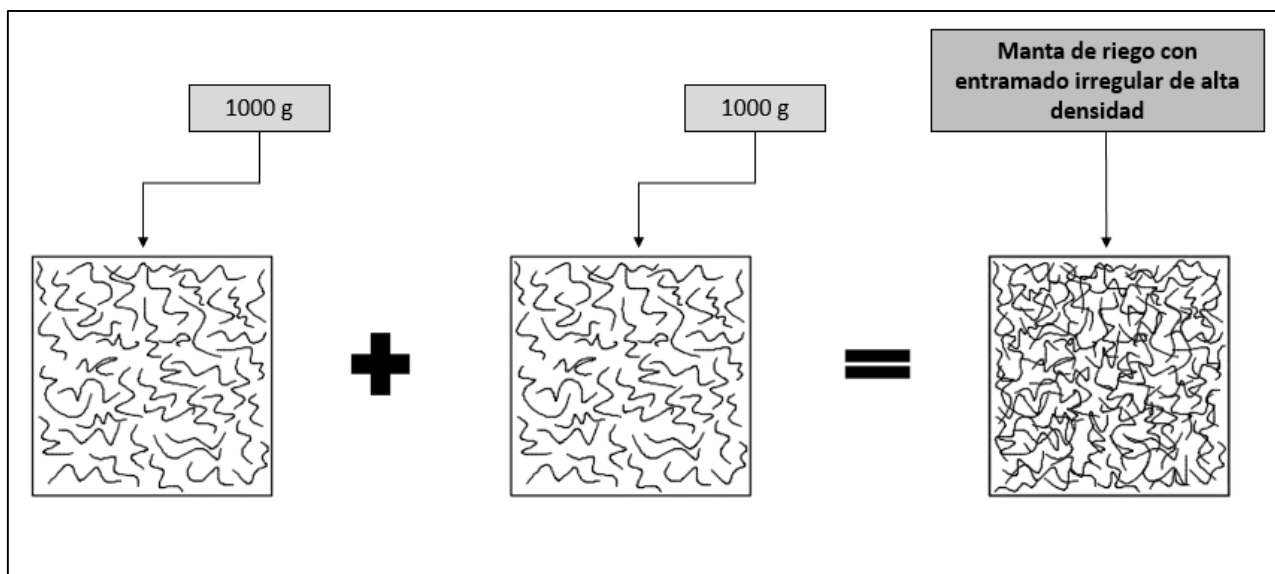


Figura 5. Esquema de la confección de una manta de riego con entramado irregular.

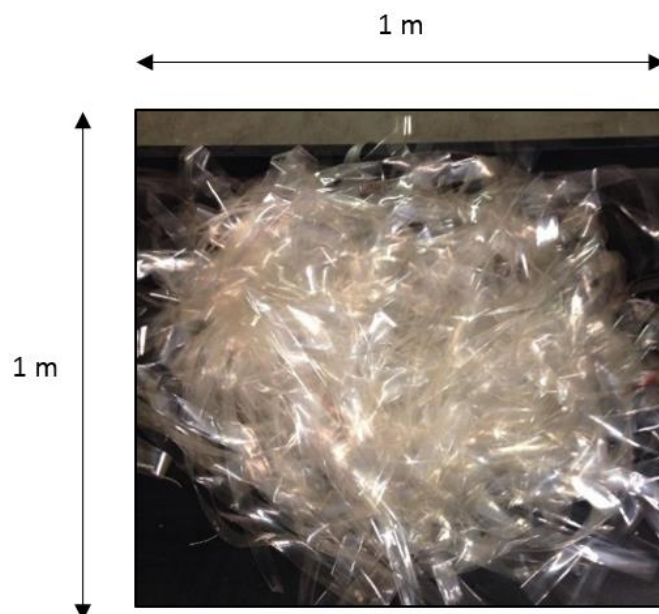


Figura 6. Disposición de las tiras de celulosa en la manta de entramado irregular.

❖ Manta de riego geotextil (polipropileno)

La cuarta manta está compuesta únicamente de polipropileno. Para su confección se han solapado varias capas de polipropileno con una dimensión de 1 m x 1 m, hasta alcanzar los 2000 g de peso. Tras unir todas las capas, se procede al cosido de las mismas por todos los laterales para su correcta sujeción (Figura 7).

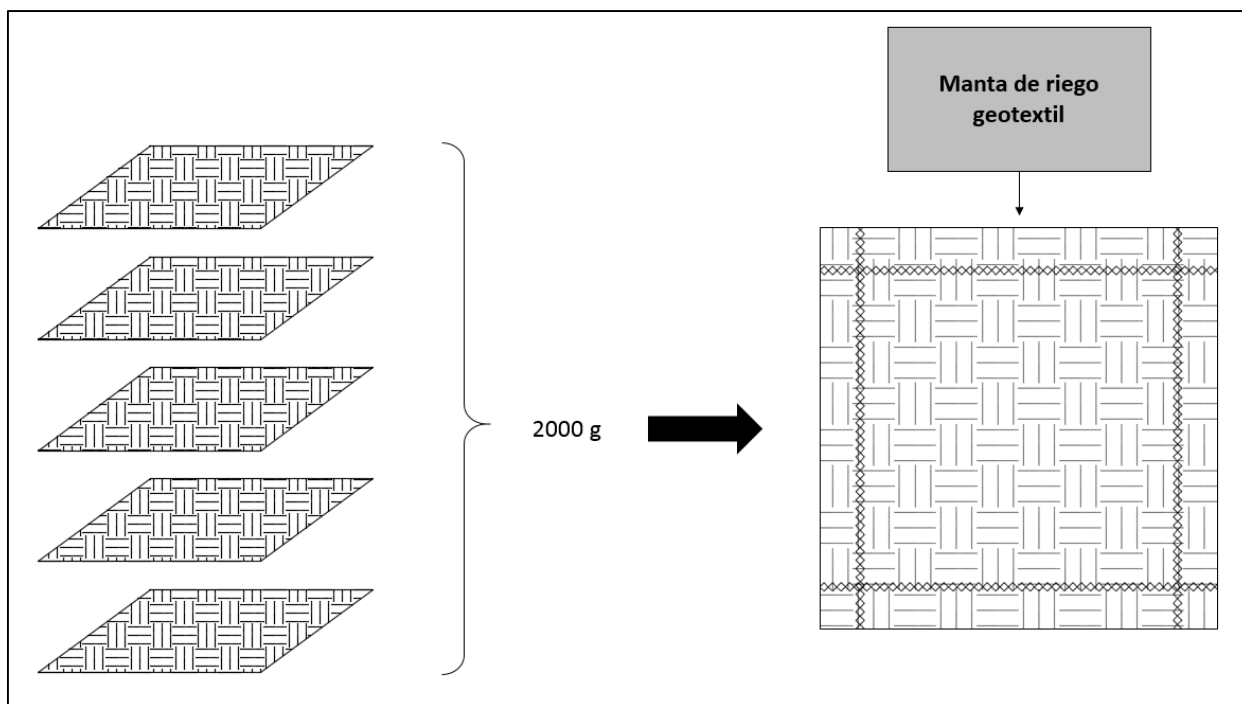


Figura 7. Esquema de la confección de una manta de riego geotextil (polipropileno).

Tanto las mantas de riego fabricadas con material reciclable como la manta comercial de polipropileno llevan incorporado en su interior un tubo de riego por goteo de polietileno. Este tubo de riego tiene un caudal de 2 l/h en cada uno de sus goteros y la distancia entre ellos es de 30 cm. De esta manera, cada microparcela de 1 m² del ensayo lleva en su interior dos goteros (ver abajo).

2.1.2 Curvas de retención del material celulósico

Para poder realizar una mejor caracterización del material celulósico empleado en el presente ensayo, se ha llevado a cabo una prueba en el laboratorio de la UPNA determinando la curva de retención de agua del mismo.

La curva de retención de agua refleja la capacidad de un suelo, o cualquier otro medio poroso, para retener el agua en función de la succión (tensión) ejercida. Este contenido de agua es generalmente representado por el contenido de humedad gravimétrica, w , el contenido de humedad volumétrica, θ , o grado de saturación, S_r (Mestas, 2011).

Por otro lado, la curva de retención de agua presenta tres regiones, las cuales están definidas en función del proceso de saturación del suelo (Figura 8). Estas tres zonas se detallan a continuación (Sillers *et al.*, 2001).

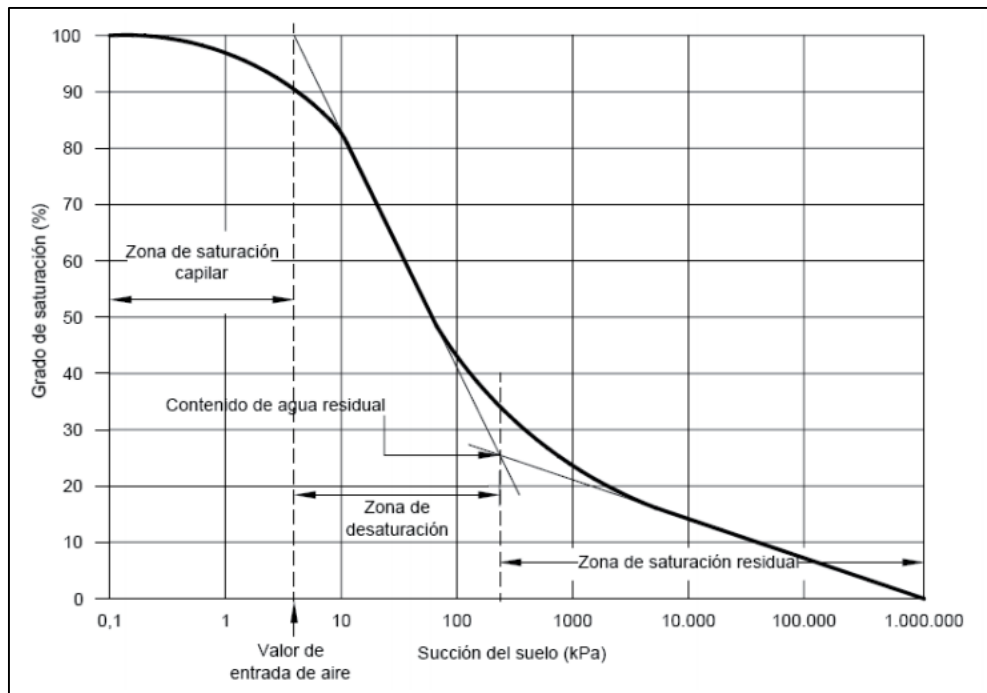


Figura 8. Regiones de la curva característica de agua del suelo (Sillers et al., 2001)

Zona de saturación capilar. En esta zona la presión de poros-agua es negativa y el suelo se encuentra esencialmente saturado debido a las fuerzas de capilaridad. El límite de la zona de saturación capilar es conocido como el valor de entrada de aire o presión de burbujeo. El valor de entrada de aire del suelo es el valor de succión que se debe exceder para que los poros más grandes del suelo comiencen a drenar y el aire empiece a ocupar los poros del suelo.

Zona funicular o de desaturación. En esta zona el agua que se encuentra dentro de los poros es desplazada, de manera progresiva por el aire. La zona de desaturación termina en el contenido de agua residual, donde el agua dentro de los poros se torna esencialmente inmóvil de la estructura del suelo y donde los incrementos en la succión no producen un descenso significativo del contenido de agua.

Zona de saturación residual. En esta zona el agua se mantiene fija y el movimiento de humedad principalmente ocurre como flujo de vapor. Existe una baja conductividad hidráulica de agua a través de los poros. La zona de saturación residual finaliza en condiciones de contenido de agua cero, que corresponde a una succión de 1000 000 kPa (Croney y Coleman, 1961).

2.1.2.1 Determinación de la curva de retención de humedad

Membrana a Presión de Richards. Se trata de un método muy utilizado en la actualidad debido a la simplicidad para determinar puntos de la curva de retención. El aparato empleado está formado por una cámara de presión hermética de acero (Figura 9), donde se colocan las muestras. En su base se coloca una placa cerámica semipermeable, que deja drenar el agua extraída de las muestras a través de un colector (Dirksen, 1999).

La técnica está basada en la inyección de aire comprimido a una presión equivalente al potencial matricial a determinar. El equilibrio hidrodinámico de las muestras se consigue cuando han dejado de drenar agua. El proceso finaliza con el pesado de las muestras y su posterior secado. De esta forma, y por diferencia de pesos se consigue determinar el contenido hídrico de la muestra (Dirksen, 1999).

Para la obtención de la curva característica de humedad de la celulosa se ha empleado el método Membrana a Presión de Richards, siguiendo este procedimiento.

Es importante mencionar que, en este caso, para la determinación de la curva se han estimado los valores de humedad a capacidad de campo (30 kPa), punto de marchitez (1.500 kPa) y un tercer punto de tensión intermedio a 100 kPa a fin de conocer el comportamiento de la curva entre los dos valores anteriores.

- a) En primer lugar, se han cortado cuatro tiras de celulosa, de aproximadamente 10 cm de longitud y se han saturado en agua destilada dentro de un vaso de precipitado durante 24 horas. También se ha saturado, durante el mismo periodo de tiempo, la superficie de la placa de cerámica que posteriormente se introducirán en la cámara de presión hermética.
- b) Después la saturación, se procede al solape de las cuatro muestras de celulosa y se colocan en la superficie de una de la placa cerámica. Para que el contacto entre las cintas de celulosa y la placa sea el máximo posible, se han colocado sobre las mismas dos cintas de goma (Figura 10). Tras ello, se introduce la placa porosa (placa cerámica) en el interior de la cámara de presión.
- c) Una vez que la cámara ha sido herméticamente cerrada se aplica una determinada presión (utilizando aire comprimido). Esta presión es registrada a través de manómetros instalados en el sistema. Mediante este procedimiento, la muestra de suelo va perdiendo humedad por la acción de la presión ejercida sobre ella. El flujo de agua cesa cuando la tensión con que es retenida el agua en el suelo, coincide con la presión aplicada (Dirksen, 1999). Se dejan las tiras de celulosa en el interior de la cámara durante 48 horas para garantizar que hayan alcanzado el equilibrio con la presión de aire aplicada.
- d) Tras el paso de los dos días, se libera la presión del aire y se extraen las cuatro tiras de celulosa. A continuación, se pesa la muestra para obtener se el peso húmedo y se coloca en un desecador durante 24 horas para asegurar su completo secado.
- e) Finalmente, se determina el peso seco de la muestra pesándola en una báscula.
- f) Esta operación se ha realizado de la misma manera en las tres presiones predeterminadas y tras haber analizado los distintos contenidos de agua de cada una de las muestras, se define la curva de retención de humedad de la celulosa. Los resultados obtenidos así como la representación de la curva característica se detallan en el apartado 3. *Resultados*.



Figura 9. Cámara de presión hermética de acero.



Figura 10. Tiras de celulosa sobre placa cerámica.

2.1.3 Pruebas de humectación

En la siguiente sección se detalla la prueba de humectación realizada en el laboratorio de hidráulica de la UPNA, tanto en las mantas fabricadas con material reciclable como en la manta compuesta geotextil (polipropileno).

La prueba ha tenido una duración total de 180 min. Durante los 30 primeros minutos se ha proporcionado un goteo sobre las mantas de 0,5 l/h. Una vez transcurrida esta primera media hora, se continua con la recogida de datos observando la expansión del bulbo húmedo por avance capilar, hasta alcanzar los 180 min.

2.1.3.1 Objetivo

El objetivo de la prueba de humectación es evaluar el grado de absorción del material celulósico y el polipropileno; como así también la tasa de expansión del bulbo húmedo.

2.1.3.2 Procedimiento experimental

Para el montaje del experimento, en primer lugar, se han construido manualmente cuatro marcos de madera de 1 m x 1 m, a los que se les ha colocado una malla metálica en la parte superior. Tras ello, los cuatro tipos de mantas que se han evaluado en el presente trabajo se disponen sobre la malla metálica y se grapan en los extremos para garantizar su correcta sujeción y extensión. Cabe destacar que, la razón de poner una malla metálica en cada uno de los marcos es que las mantas no toquen el suelo (Figura 11).

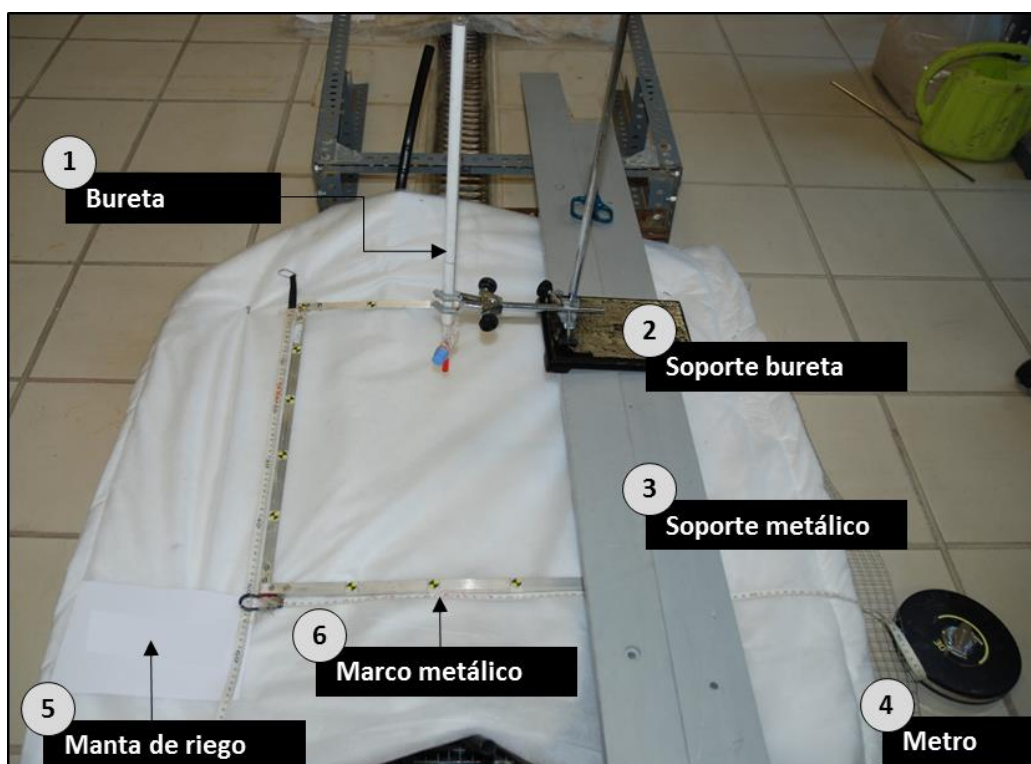


Figura 11. Montaje de los elementos empleados en las pruebas de humectación.

Una vez que se tienen preparados los marcos con sus correspondientes mantas, se coge uno de ellos y se procede a la colocación de un soporte metálico por encima del marco, sobre el que posteriormente se coloca una bureta suspendida aproximadamente en el centro de dicho marco.

Seguidamente, en el centro de la manta se sitúa el marco metálico, cuyo centro tiene que coincidir, en la medida de lo posible, con la bureta. Después, se colocan dos reglas graduadas en los dos lados del marco, garantizando así una mayor precisión en la medición de la expansión del bulbo húmedo.

Desarrollo experimental. Antes de comenzar con el experimento, se ha realizado una prueba inicial con agua y la bureta para poder conocer la apertura aproximada que debe de tener la boca de la bureta para el goteo de 0,5 l en 30 min, siendo estos el volumen y el tiempo empleado para la prueba en cada una de las mantas.

A continuación, próximo a la estructura de ensayo, se ubica un trípode con una cámara fotográfica acoplada y se realizan varias fotografías hasta obtener la posición deseada. Tras ello, se mezclan en el vaso de precipitado 0,50 l de agua y 20 g de colorante artificial. Cabe destacar que, se ha utilizado un colorante de color rojo para una mejor visualización de la expansión del bulbo y una mayor precisión en la toma de datos durante la prueba.

Tras haber colocado correctamente todos los elementos necesarios para la realización de la prueba, se procede al inicio de la misma.

En las 4 pruebas de humectación que se han llevado a cabo, se han ido anotando las dimensiones del bulbo húmedo cada minuto. Además de la recogida de datos, se han tomado fotografías durante todo el desarrollo del experimento, las cuales se pueden ver en el *Anexo 3. Resultados prueba de humectación del material celulósico*.

2.2 SITIO EXPERIMENTAL Y DEFINICIÓN DE TRATAMIENTOS

El estudio se ha llevado a cabo en las parcelas experimentales de la Finca de Prácticas de la Universidad Pública de Navarra (UPNA), ubicada al sur de la ciudad de Pamplona (Navarra). Concretamente la Finca de Prácticas de la UPNA se encuentra en el barrio de Arrosadía, situada detrás del edificio del Sario tal y como se muestra en la siguiente Figura 12.



Figura 12. Ubicación del ensayo en la Finca de Prácticas de la UPNA.

Las parcelas de ensayo en las que se ha trabajado están instaladas en el interior de uno de los invernaderos de la finca, para un mayor control de las condiciones ambientales. Las características del suelo según un análisis llevado a cabo por el profesor Iñigo Abdon Virto Quecedo del Departamento de Ciencias del Medio Natural de la UPNA el año 2015 son las que se muestran en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Resultados del análisis de suelo de la zona del ensayo.

Elemento analizado	Horizonte (profundidad)		
	(0-25 cm)	(25-41 cm)	(41-60 cm)
Arena (%)	28,3	27,7	24,9
Limo (%)	36,2	35,8	34,7
Arcilla (%)	35,6	36,5	40,4
pH 1:2,5	8,37	8,38	8,57
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 1:2.5	132,6	116,4	107,4
CaCO ₃ (%)	27,87	27,75	25,17
M.O. (%)	2,32	1,89	1,26
CIC (cmol _c /kg)	17,99	19,47	21,52
N (g/kg)	1,31	1,1	0,77
P (mg/kg)	11,96	4,67	1,23
K (mg/kg)	284	243	193

De acuerdo con los criterios de la USDA y de la ISSS en cuanto al contenido de arenas, limos y arcillas, se determina que la clase textural del suelo es franco arcilloso limoso.

2.2.1 Preparación del suelo

La preparación del terreno incluye todas las operaciones agrícolas encaminadas a poner ese suelo en condiciones idóneas para el óptimo desarrollo posterior de las plantas. Por ello, los objetivos principales en el presente ensayo son (Gil-Albert Velarde, F., y Velarde, F. G. A., 2006):

1. Remover, mullir, igualar y alisar el suelo para airearlo, aumentar su capacidad de retención y facilitar las fases siguientes.
2. Sacar a la superficie y eliminar piedras, terrones, raíces y obstáculos en general.
3. Facilitar el enraizamiento y posterior desarrollo radicular del césped, eliminando la compactación natural de las tierras.

Primeramente, se procede a la limpieza y eliminación de todos los restos vegetales existentes en la zona de ensayo, para que de esta manera no exista competencia alguna con el césped objeto de estudio.

Tras haber realizado la limpieza del terreno, se lleva a cabo un laboreo en los primeros 20-40 cm del terreno. La labor se hace con un apero llamado subsolador que se acopla directamente al tractor y no voltea el terreno, sino que se agrieta y remueve en forma radial a partir del surco que abre la bota del apero.

Cabe destacar que, esta labor se ha llevado a cabo en dos tandas, cruzando entre sí cada pase con el otro y quedando el suelo completamente mullido.

Una vez se haya completado el subsolado, el terreno queda menos irregular, pero también cabe la posibilidad de que quede alomado y compactado en la superficie. Es por ello que, y para poder eliminar las rodadas de la maquinaria empleada, resulta imprescindible realizar algunas labores complementarias.

En este caso, las labores complementarias que se han llevado a cabo han sido un pase con un rulo molón para que el suelo quede lo más regular posible, y posteriormente un rastrillado fino de una profundidad aproximada de 10-20 cm, quedando así el terreno perfectamente preparado.

2.2.2 Diseño experimental y tratamientos

El desarrollo de los experimentos se ha realizado bajo invernadero en microparcelas de 1 m² con tepes (césped) replantados.

El ensayo consta de seis tratamientos distintos provistos, cinco de ellos, de un par de emisores de riego por goteo de 2 l/h. Asimismo, se ha decidido colocar los seis tratamientos con una separación de aproximadamente 0,5 m, a fin de que no se vean afectados entre sí. Tres tratamientos corresponden a cada una de las diferentes mantas confeccionadas con material reciclable a evaluar (*Tratamiento con manta de riego con entramado irregular de alta densidad* y los tratamientos con *manta de riego con entramado reticular de alta y baja densidad*; Figura 13). Un cuarto tratamiento es similar a los anteriores pero utilizando una manta de riego (tipo comercial) compuesta únicamente de polipropileno (*Tratamiento con manta de riego geotextil*, Figura 13). Los dos restantes tratamientos se emplean a modo de testigos. En el primer testigo solamente se coloca el tubo de riego por goteo desprovisto de manta de riego (*Tratamiento con riego, sin manta*; Figura 13); mientras que el segundo testigo se desarrolla en seco (sin riego) (*Tratamiento sin riego ni manta*; Figura 13). Cabe destacar que, todos los tratamientos, exceptuando el testigo correspondiente al *Tratamiento sin riego ni manta*, llevan tres repeticiones, habiendo por tanto un total de 16 microparcels (Figura 13 y Figura 14).

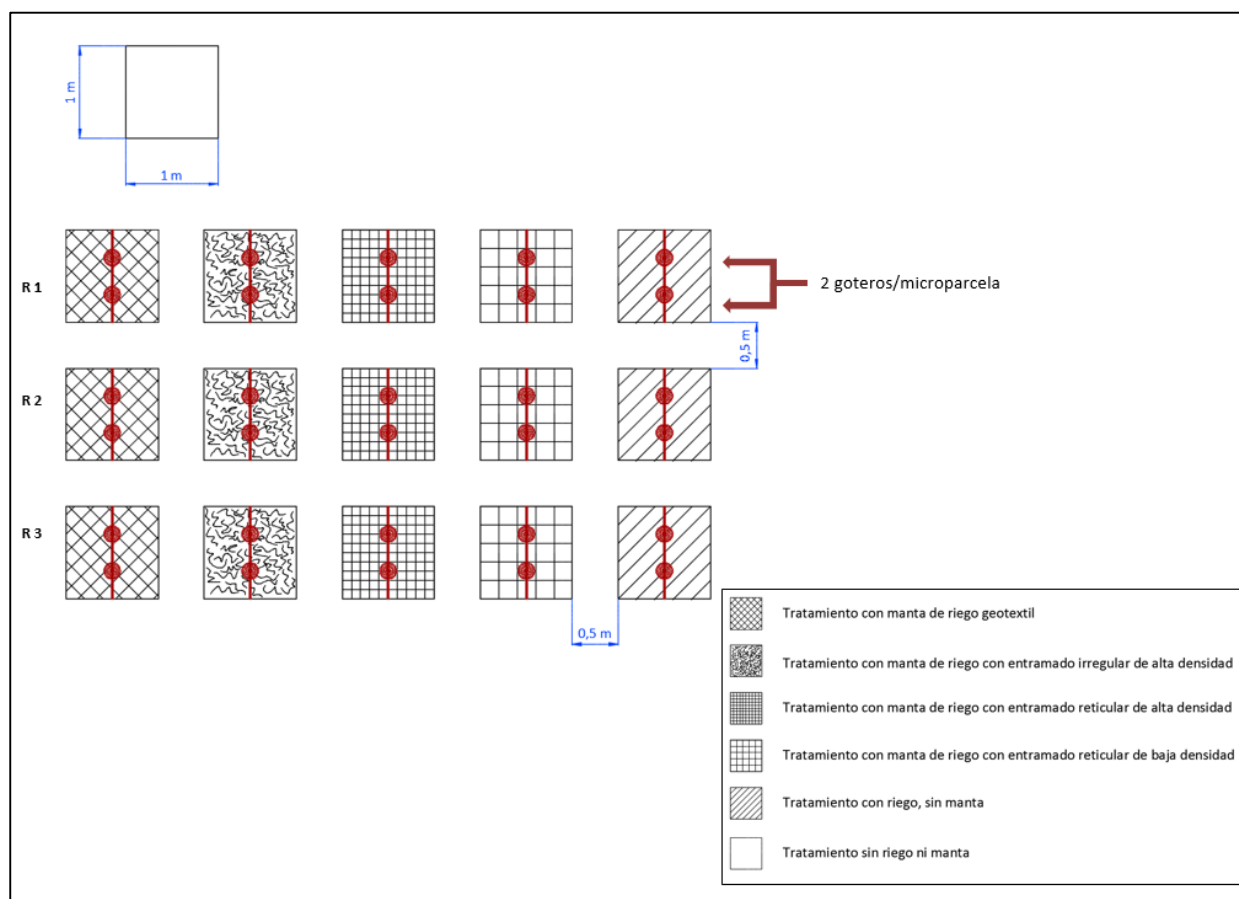


Figura 13. Distribución de los tratamientos en parcela de ensayo.



Figura 14. Imagen de la distribución de los tratamientos del ensayo.

En la siguiente tabla (Tabla 5) se recogen las características de cada tratamiento así como su nomenclatura, a fin de facilitar al lector la identificación de cada tratamiento durante la lectura del presente trabajo.

Tabla 5. Nomenclatura y características de cada uno de los tratamientos del ensayo.

Características	
Tratamiento 1	Sin manta de riego
Tratamiento 2	Manta de riego con entramado reticular de baja densidad
Tratamiento 3	Manta de riego con entramado reticular de alta densidad
Tratamiento 4	Manta de riego con entramado irregular de alta densidad
Tratamiento 5	Manta de riego geotextil (polipropileno)
Tratamiento 6	Microparcela sin riego

2.2.2.1 Establecimiento de tepes

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el material vegetal empleado en el ensayo ha sido tepes. Se trata de un sistema en el que el césped viene preparado de vivero en plantas pre-cultivadas sobre un sustrato de poco espesor (2 a 4 cm), que se distribuye regularmente sobre la superficie del terreno, en este caso especialmente preparado, mullido pero afirmado y allanado, para que de esta manera se pueda producir un contacto y enraizado posterior perfecto. Asimismo, es un sistema mucho más rápido, que no presenta problemas clásicos de nascencia y tiene un buen acabado y efecto ornamental.

Para la realización del presente estudio, los tepes han sido proporcionados por el Centro de Jardinería Berroa Garden, siendo éstos de tipo *Classic* (mezcla de *Festuca rubra* y *Poa pratense*) y presentando unas dimensiones de 2,50 m x 0,40 m y un espesor de alrededor de 1 cm.

El emplazamiento de los tepes se ha realizado el mismo día en el que la empresa proveedora los deposita en la finca de prácticas para evitar la desecación de las raíces. Tras la recogida de los mismos, se procede a su extensión manual, tratando de asentarlos lo mejor posible para que no se formen bolsas de aire ni arrugas. Cabe destacar que, debido a que las parcelas de ensayo tienen una dimensión de 1 m x 1 m, previo a la instalación de los tepes, ha sido necesario cortar los rollos en diferentes piezas e ir encajándolas hasta lograr cubrir la microparcela (1 m²). Asimismo, tras colocar los tepes en cada una de las parcelas de ensayo, se presionan las juntas para que queden lo más alineadas posibles y no haya separación entre ellas.

Una vez terminada la instalación, se pasa un rulo ligero por cada una de las parcelas de ensayo y se riega por aspersión durante 1 hora y media para rehidratar bien todos los tepes y facilitar el enraizado.

Del mismo modo, es importante mencionar que antes de comenzar con el riego por goteo con el que se realiza el presente estudio, durante los primeros días tras la colocación de los tepes, se ha aplicado un riego por aspersión (Tabla 6).

Tabla 6. Fecha y duración (h) del riego por aspersión aplicado los primeros días del ensayo.

	Fecha	Horario	Duración (h)
<i>Establecimiento de tepes</i>	24/04/2017	18:00-19:30	1,5
<i>1º riego</i>	25/04/2017	17:30-19:00	1,5
<i>2º riego</i>	26/04/2017	11:30-13:00	1,5
<i>3º riego</i>	17/04/2017	9:00-10:00	1
<i>4º riego</i>	18/04/2017	9:00-10:00	1
<i>5º riego</i>	01/05/2017	10:00-11:30	1,5
<i>6º riego</i>	04/05/2017	10:00-12:00	2

Tal y como se puede observar en la Tabla 6, la aspersión ha tenido una duración de 1 h y media, variando el tercer, cuarto y sexto riego como consecuencia de las condiciones climáticas externas. Así pues, debido a que los días 17 y 18 de abril disminuyeron las temperaturas considerablemente el tercer y cuarto riego tiene una duración de 1 h, mientras que, puesto que se produjo un aumento notable en las temperaturas, el sexto riego es de 2 h.

A partir del 5 de mayo se comienza con el riego por goteo diario.

2.2.3 Sistema y tiempo de riego.

2.2.3.1 Descripción del sistema de riego

El diseño del sistema de riego por goteo se ha llevado a cabo por los trabajadores de la Finca De Prácticas de la UPNA. Se trata de una instalación sencilla (Figura 15) que presenta un ramal principal del cual salen otros cinco ramales secundarios que alimentan cada uno de los tratamientos, así como sus correspondientes repeticiones. El ramal principal está conectado a la bomba de salida, ubicada en el lateral derecho del mismo invernadero donde se desarrolla el ensayo. Asimismo, el tubo de goteo empleado en el ramal principal tiene una caudal de 2,3 l/h, mientras que los ramales secundarios conducen un caudal de 2 l/h.

El sistema de riego se ha programado de manera automática para que riegue diariamente 1 h y 20 min.

A continuación, se muestra un pequeño esquema del sistema de riego instalado para el presente estudio (Figura 15), así como una imagen de la instalación finalizada (Figura 16).

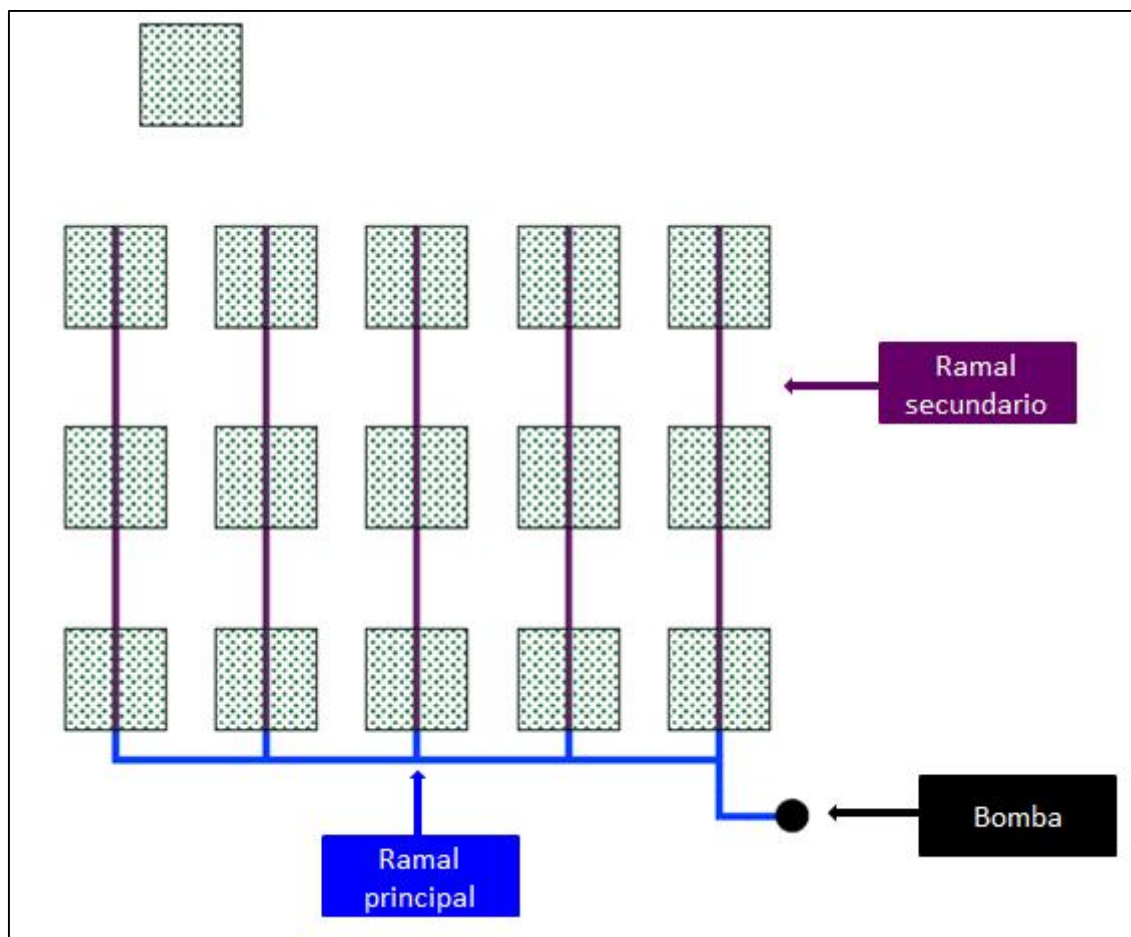


Figura 15. Esquema del sistema de riego empleado en el presente ensayo.



Figura 16. Instalación de riego por goteo realizado para el presente ensayo

2.2.3.2 Determinación del tiempo de riego

En el siguiente apartado se procede a realizar el cálculo de los tiempos de riego para el correcto desarrollo del ensayo. Para ello, primeramente es necesario determinar las necesidades hídricas del material vegetal empleado, y tras ello, se procede a la obtención de los tiempos de riego.

A. Cálculo de las necesidades hídricas:

El cálculo de las necesidades hídricas se ha elaborado de acuerdo al documento Evapotranspiración del cultivo llevado a cabo por la Food and Agriculture Organization (Allen *et al.*, 2006) y el proyecto *Diseño de parque municipal en Santa Cruz de los Cáñamos* (De los Ángeles Megía, 2009).

Cálculo de la evapotranspiración:

La pérdida de agua por evapotranspiración de un cultivo queda determinada por el clima de la zona como factor más importante, pero también por el propio cultivo y sus características de crecimiento.

Existen diversos métodos para predecir la evapotranspiración a partir de variables climáticas, recurriendo la mayoría de las fórmulas a la diferenciación entre los elementos del clima y el cultivo.

En este caso, el cálculo de la evapotranspiración se va a realizar a partir de la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_0 \times K_j \quad (\text{Ec.1})$$

Donde;

- **ET_c** = Cantidad de agua potencialmente necesaria para satisfacer las necesidades de evapotranspiración, de tal modo, que la producción vegetal no quede limitada por falta de agua.
- **ET₀** = Evapotranspiración del cultivo de referencia.
- **K_j** = Coeficiente de cultivo.

Evapotranspiración del cultivo de referencia ET₀:

Se define la ET₀ como un parámetro que indica la tasa de evaporación de una superficie de referencia, en óptimas condiciones de crecimiento y bajo un adecuado suministro de agua. Además, representa la demanda de evaporación de la atmósfera independientemente del tipo de cultivo, de su estado de desarrollo y de su manejo. Solamente se ve afectada por los parámetros climáticos, que en este caso, se han calculado a partir de los datos de 1984 a 2014 según el modelo de Penman Monteith y que se detallan en la siguiente Tabla 7.

Tabla 7. ET₀ (mm) según el modelo de Penman Monteith. (Fuente: Estudio Agroclimático de Navarra).

ET ₀ (mm)												
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
7,60	31,40	90,40	147,10	217,80	260,80	278,90	223,00	132,20	58,00	14,40	3,30	1464,90

Evapotranspiración de cultivo ETC:

La ET_c indica la tasa de evapotranspiración de un cultivo exento de enfermedades, que crece en un campo extenso (una o más hectáreas) en condiciones óptimas de suelo, incluida una fertilidad y con agua suficiente, en el que llega al potencial de plena producción con arreglo al medio vegetativo dado.

Debido a que, tal y como se ha mencionado anteriormente, en el ensayo se va a emplear como material vegetal césped, para el cálculo de las necesidades de riego se utiliza; por un lado, un coeficiente basado en las especies plantadas en el mismo (coeficiente de cultivo K_c), por otro lado, la densidad de vegetación (coeficiente de densidad K_d) y los microclima existentes (condición microclimática K_m).

$$ET_c = ET_0 \times K_j \quad (\text{Ec.1})$$

$$K_j = K_c \times K_d \times K_m \quad (\text{Ec.2})$$

✓ Elección del coeficiente de cultivo K_c

El valor de K_c representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones adecuadas y que produzca rendimientos óptimos.

Para la elección del coeficiente de cultivo se ha utilizado la tabla normalizada y estipulada por la FAO (Tabla 8), que para el cultivo de forrajes y más concretamente el césped proporciona los siguientes coeficientes:

Tabla 8. Valores tabulados de K_c en el cultivo de césped. (Allen et al., 2006).

Cultivo	$K_{c_{ini}}$	$K_{c_{med}}$	$K_{c_{fin}}$
Césped	0,80	0,85	0,85

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el césped empleado en el presente ensayo se ha adquirido en forma de tepes, por lo que ya ha desarrollado su etapa inicial. Asimismo, la frecuencia de humedecimiento va a ser diaria, por lo que, de acuerdo a las recomendaciones de la FAO, se ha decidido utilizar el valor de $K_{c_{med}}$ de 0,85.

✓ Elección del coeficiente de cultivo K_d

La elección del coeficiente de densidad depende del tipo de vegetación y su densidad (alta, media o baja), tal y como se muestra en la siguiente Tabla 9.

Tabla 9. Valores de K_d en función de la densidad de vegetación (De los Ángeles Megía, 2009).

Densidad	K_d
Alta	1,1
Media	1
Baja	0,6

Debido a que la densidad de vegetación es elevada en cada una de las parcelas de ensayo, se ha decidido seleccionar un valor de K_d de 1,1.

✓ Elección del coeficiente de microclima K_m

El coeficiente de microclima depende únicamente de la influencia externa y su valor se determina considerando los siguientes rasgos:

Alto: Se considera en esta categoría cuando la zona está influida por fuentes externas de calor o está sometida al aumento de la evaporación. Las fuentes de calor pueden proceder de vehículos, edificios, estructuras o uso masivo de pavimentos. También se deben considerar las superficies que reflejen la luz hacia las zonas ajardinadas tal como ventanas, vehículos y similares, que aumentan el calor recibido. Se deben incluir en esta categoría las medianas de autovías, las alineaciones en ambiente urbano, pequeñas plantaciones en aparcamientos, jardines de solana con bastante pavimento, etc.

Medio: Se da en condiciones de campo abierto sin que esté sometido a vientos mayores de lo habitual, ni focos de calor externos. Puede producirse en grandes superficies con una pequeña porción de pavimentos.

Bajo: En esta categoría se incluyen los jardines en umbría (ya sea por exposición o por protección), y aquellos que están fuertemente protegidos de los vientos dominantes.

Así pues, debido a que el ensayo se encuentra localizado en el interior de un invernadero y de acuerdo a los valores estandarizados en la siguiente Tabla 10, el K_m será de 0,8.

Tabla 10. Deficiente de microclima (De los Ángeles Megía, 2009).

	Alta	Media	Baja
Árboles	1,4	1,0	0,5
Arbustos	1,3	1,0	0,5
Tapizantes	1,2	1,0	0,5
Plantas mixtas	1,4	1,0	0,5
Césped	1,2	1,0	0,8

✓ Cálculo del coeficiente de jardín K_j

Una vez hallados los valores de K_c , K_d y K_m , se procede a determinar el valor de K_j de acuerdo a la fórmula anteriormente citada:

$$K_j = K_c \times K_d \times K_m \quad (\text{Ec.2})$$

$$K_j = 0,85 \times 1,1 \times 0,8 = 0,75$$

Cálculo de la evapotranspiración de cultivo ET_0 :

Atendiendo a los valores de ET_0 para los meses de abril y mayo en los que se ha desarrollado el ensayo, y junto al valor de K_j obtenido en el apartado anterior, se determina el valor de ET_c tal y como se muestra a continuación (Tabla 11).

Tabla 11. Evapotranspiración de cultivo en los meses de abril y mayo.

Evapotranspiración de cultivo						
Mes	ET ₀	Coeficiente de jardín K _j			ET _c (mm/mes)	ET _c (mm/día)
		K _c	K _d	K _m		
Abril	147,10	0,85	1,1	0,8	110,03	3,67
Mayo	217,80				162,91	5,26

B. Cálculo de los tiempos de riego

Tras haber calculado las necesidades hídricas del césped empleado en el ensayo, y teniendo en cuenta que en cada una de las parcelas de ensayo está instalado un único tubo de riego de 2 l/h con dos goteros, se procede a determinar los tiempos de riego en los meses de abril y mayo (Tabla 12).

Tabla 12. Tiempo de riego necesario en los meses de abril y mayo.

Mes	ET _c (mm/mes)	ET _c (mm/día)	Nº goteros	Caudal (l/h)	Caudal (l/min)	Caudal aportado (l/min)	Tiempo de riego necesario (min /m ² *día)	Tiempo de riego necesario (h/m ² *día)
Abril	110,03	3,67	2	2	0,033	0,067	55,015	0,917
Mayo	162,91	5,26	2	2	0,033	0,067	78,830	1,314

Tal y como se puede ver en la Tabla 12, los tiempos de riego para los meses de abril y mayo serán de 55 min/m² y 79 min/m² por día respectivamente.

2.3 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO. PROCESADO DE IMÁGENES.

A lo largo de las 9 semanas que ha durado el ensayo se han tomado diferentes fotografías, con el objetivo de observar la evolución que ha tenido cada tratamiento. Para ello, se ha empleado una cámara con lectura del espectro visible (Red Green Blue).

Una vez concluido el ensayo, se ha llevado a cabo un análisis cualitativo (evaluación visual) y otro cuantitativo (análisis de datos) de las imágenes adquiridas. En el *Anexo 4. Evolución temporal del crecimiento vegetativo de los tratamientos* se recogen las imágenes realizadas de cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones, durante el ensayo.

Cabe destacar que, en la sexta semana de experimentación se pudo disponer durante un día del sensor Sequoia y se tomaron imágenes de cada tratamiento. Este sensor captura imágenes a través de cuatro bandas espectrales, visibles y del no visible, además de imágenes RGB, proporcionando datos calibrados para poder analizar el vigor de las microparcels.

2.3.1 Análisis cualitativo.

El análisis cualitativo se ha realizado a partir de una evaluación visual (de las fotografía e in situ) de los tratamientos. En este análisis se han tenido en cuenta distintas variables tales como, color (uniforme o no uniforme), velocidad de crecimiento y densidad.

Es importante mencionar que, como consecuencia de las diferencias en el crecimiento y desarrollo que fueron mostrando los tratamientos a lo largo de la experimentación, a finales de la sexta semana se decidió reducir las dosis de riego a 1/3 (0,67 l/h). Además, en la séptima semana de ensayo se realizaron cortes en la tercera repetición de cada uno de los tratamientos a fin de poder observar detalladamente el comportamiento que presentaban las raíces.

2.3.2 Análisis cuantitativo.

En el análisis cualitativo se han procesado dos tipos de imágenes. Por un lado, se han estudiado las imágenes obtenidas con la cámara con lectura RGB, y por otro lado, las adquiridas con el sensor multiespectral Sequoia.

El análisis de cada tipo de imagen ha tenido una finalidad diferente. En la evaluación de las imágenes a tres bandas (RGB) se ha estudiado el desarrollo de los tratamientos mediante una escala de tonalidades verde obtenida de la banda del verde (banda G), mientras que el procesamiento de las imágenes multiespectrales ha tenido como objetivo conocer el índice de vegetación, NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) de cada microparcels. De esta manera, se consigue estimar la calidad, cantidad y desarrollo de la vegetación en los tratamientos.

Los índices de vegetación son parámetros calculados a partir de los valores de reflectividad de un píxel a distintas longitudes de onda, que pretenden extraer de éstos la información relacionada con la vegetación, minimizando la influencia de la cubierta del suelo y de las condiciones atmosféricas (Rouse *et al.*, 1974).

El fundamento de los índices de vegetación se basa en la relación que hay entre la reflectividad del infra rojo cercano (IRC) y el rojo (R). Si hay un fuerte contraste entre la banda roja y la del IRC, la vegetación es sana, mientras que si el contraste es menor, la vegetación está sometida a estrés. El objetivo de los NDIV es obtener en una única imagen, valores altamente correlacionados con parámetros agronómicos como el Kc, siendo (Rouse *et al.*, 1974):

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R} \quad (\text{Ec. 3})$$

Asimismo, con el fin de poder conocer si los diferentes resultados obtenidos (tanto en las imágenes RGB como en las multiespectrales) entre cada uno de los tratamientos son significativos o no, se ha realizado un análisis de varianza.

Todos los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo se muestran en el *Anexo 6. Procesado de imágenes. Análisis cuantitativo del crecimiento vegetal* y en el *Anexo 7. Análisis de varianza*.

Es importante mencionar que, en las fotografías tomadas en campo aparecen distintas sombras entre la vegetación y que además, se han realizado en días en los que la iluminación no ha sido la misma como consecuencia de las condiciones externas. Es por ello que, se es consciente de que en el procesado de las imágenes RGB probablemente existan fallos en la lectura de la banda del verde de las mismas, y por tanto se deba de realizar una evaluación de los resultados teniendo en cuenta este error.

2.3.2.1 Procesado imágenes RGB.

En el procesado de las imágenes de espectro visible se ha utilizado una sola repetición de cada tratamiento y se ha estudiado la evolución de los mismos en cuatro momentos diferentes, T₀ (día de establecimiento de tepes), T_{Inicio} (3ª semana de ensayo), T_{Intermedio} (6ª semana de ensayo) y T_{Final} (9ª semana de ensayo). Se ha elegido la repetición número 2 para la elaboración del análisis debido a ser la que mayores diferencias presentaba visualmente entre los tratamientos, siendo por tanto la más representativa.

En primer lugar se ha obtenido la distribución de frecuencia de las distintas tonalidades de verde de cada tratamiento mediante QGIS. Para ello, se ha realizado el siguiente orden de operaciones:

1. Georreferenciación de las imágenes

Las imágenes obtenidas en campo no están tomadas desde un ángulo completamente perpendicular al perfil del terreno y por ello presentan ciertas deformaciones (Figura 17).



Figura 17. Ejemplo de una imagen tomada en campo.

Como se puede observar en la figura anterior (Figura 17), a causa del ángulo en el que se ha tomado la imagen, la parte superior de la microparcela tiene menor longitud que la inferior, cuando realmente ambas deben ser iguales.

Para corregir este error, se ha utilizado la herramienta de georreferenciado de QGIS. Esta herramienta permite dar coordenadas a diferentes puntos de la imagen, pudiendo redefinir el lugar que ocupan ciertos elementos en la misma. Teniendo en cuenta que se conoce la distancia que hay entre cada una de las dianas ubicadas en el marco, se les ha asignado coordenadas X, Y relativas a cada una de ellas tal y como se muestra en la Figura 18.

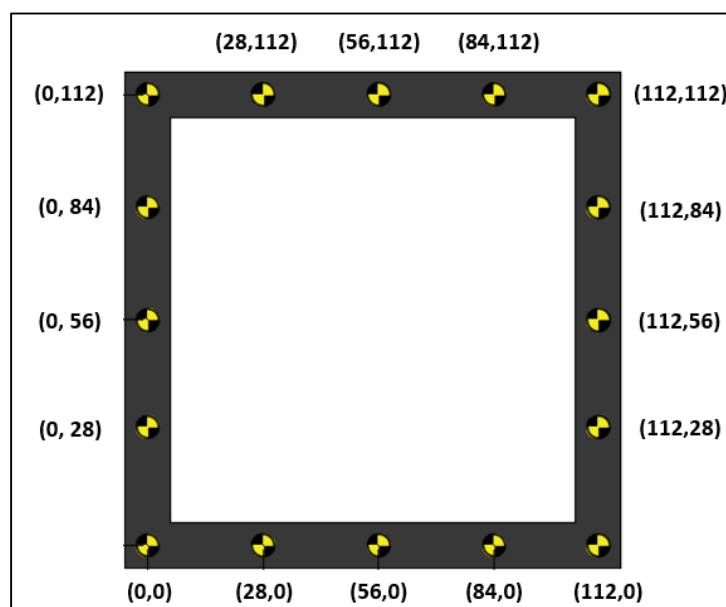


Figura 18. Coordenadas asignadas a cada una de las dianas.

Una vez introducidas todas las coordenadas relativas, se le asigna un proceso proyectivo de georreferenciación, se guarda y se incorpora a QGIS generando la imagen corregida (Figura 19).



Figura 19. Ejemplo de una imagen georeferenciada.

Si se comparan las figuras anteriores se puede verificar como el proceso de georreferenciación consigue corregir el error de proyección que se genera en la toma de la imagen.

2. Obtención de la información recortada de cada imagen

Se realiza la extracción de una parte de la imagen que permite centrar el trabajo en una zona específica de la misma. En este caso, una vez que se obtiene la imagen corregida, se extrae únicamente la parte que está dentro del marco. Para ello se hace un recorte con la herramienta de QGIS (Figura 20).



Figura 20. Ejemplo de recorte de la imagen anterior (Figura 19).

De esta forma, el histograma que se pretende obtener con las distintas tonalidades de verde, únicamente tendrá en cuenta la zona interior del marco, que es la superficie que se está analizando, quedando excluidos el marco y la zona exterior del mismo.

3. Generación de histogramas de frecuencia de tonos de verde (G) de cada recorte

Para la obtención del histograma de frecuencia de tonos de verde (G) del recorte se ha empleado QGIS. El histograma proporciona la información de los valores que tiene cada uno de los píxeles de la imagen de acuerdo a la escala de verdes asignada (Figura 21).

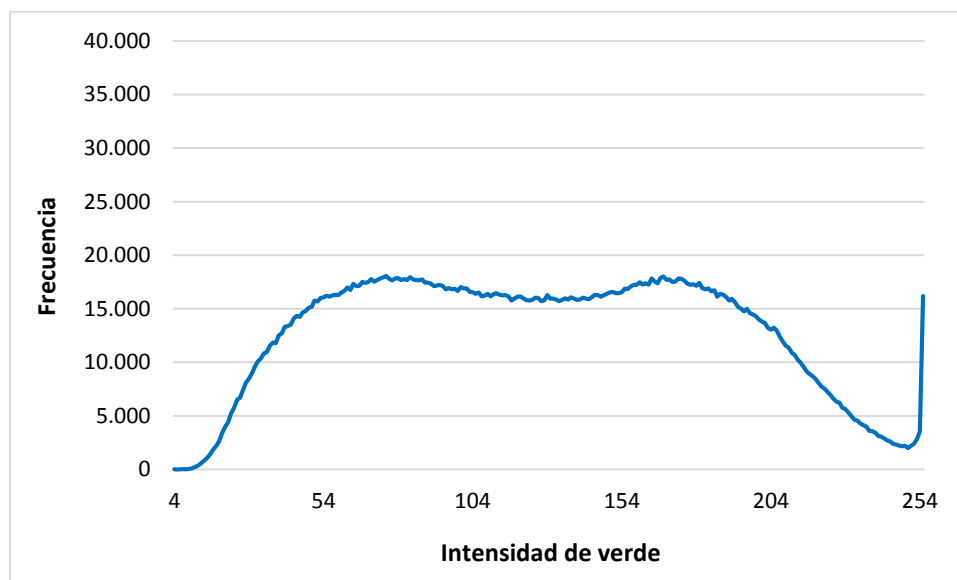


Figura 21. Ejemplo de distribución de frecuencia de tonos de verde (G) correspondiente a la imagen de una parcela de ensayo.

Una vez obtenidos todos los histogramas de frecuencia de tonos de verde (G), se han realizado diferentes diagramas de caja y bigote que han permitido observar la dispersión de los tonos de verde en el tiempo de cada uno de los tratamientos (Figura 22). Para la elaboración de estos diagramas se ha utilizado el programa informático Sigmaplot.

Tratamiento 1. Microparcela sin manta de riego

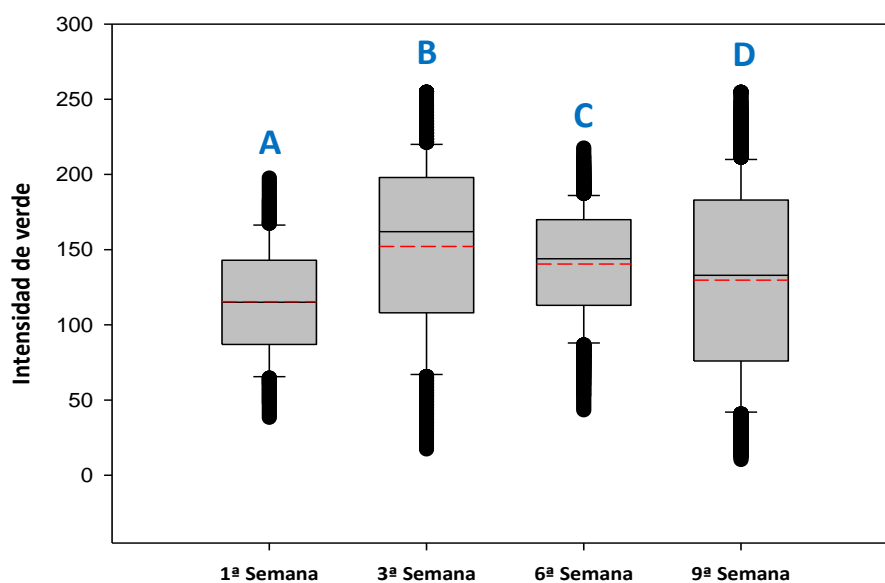


Figura 22. Ejemplo de un diagrama de caja y bigote (letras distintas indican diferencias significativas (95 %)).

Finalmente, debido a que los histogramas obtenidos muestran una distribución irregular con varios picos (Figura 21) es difícil caracterizar la distribución de la población a través de los parámetros estadísticos mediana y desviación estándar. Es por ello que, se ha decidido estudiar dicha distribución mediante un análisis de varianza y de esta manera poder conocer si realmente existen diferencias significativas entre los tratamientos.

2.3.2.2 Procesado imágenes multiespectrales.

La obtención del NDVI de las imágenes tomadas con el sensor multiespectral Sequioa se ha realizado con el programa informático QGIS. Para el cálculo del NDVI (ver Ec.3 arriba) se han empleado las bandas del rojo (R) y la del infra rojo cercano (IRC) de cada imagen (Figura 23 y Figura 24).

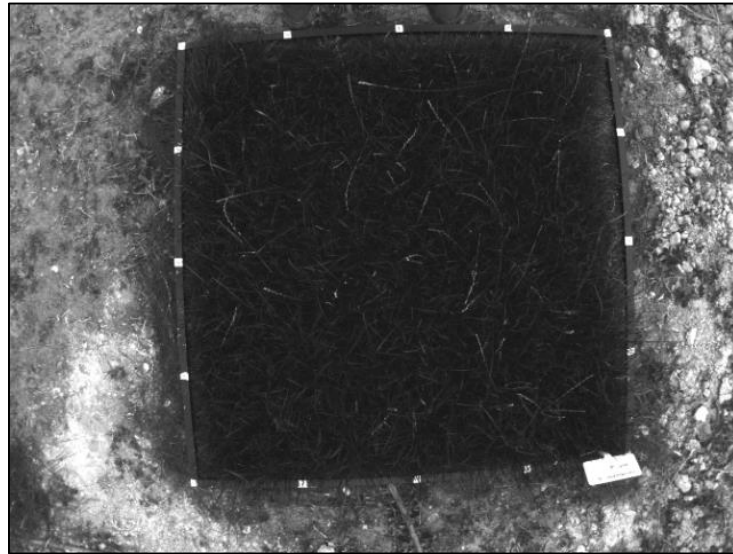


Figura 23. Ejemplo de banda roja

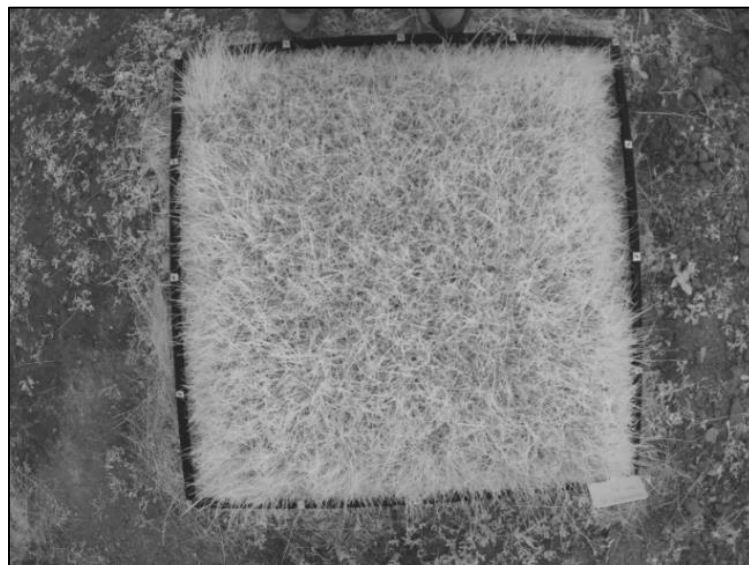


Figura 24. Ejemplo de banda infra rojo cercano.

Previo a la determinación del índice de vegetación, es necesario realizar las operaciones de Georectificación y obtención del recorte descritas anteriormente (ver arriba).

Una vez calculado el NDVI, se procede a la obtención del histograma con QGIS. En este análisis, a diferencia de los histogramas obtenidos en el procesado de las imágenes RGB, la representación gráfica de los mismos es más uniforme (Figura 25), es decir, que se acerca a una distribución normal. Es por ello que, en este caso se ha decidido realizar el cálculo de la media y la desviación estándar para poder caracterizar la distribución de cada una de las muestras de datos obtenidas.

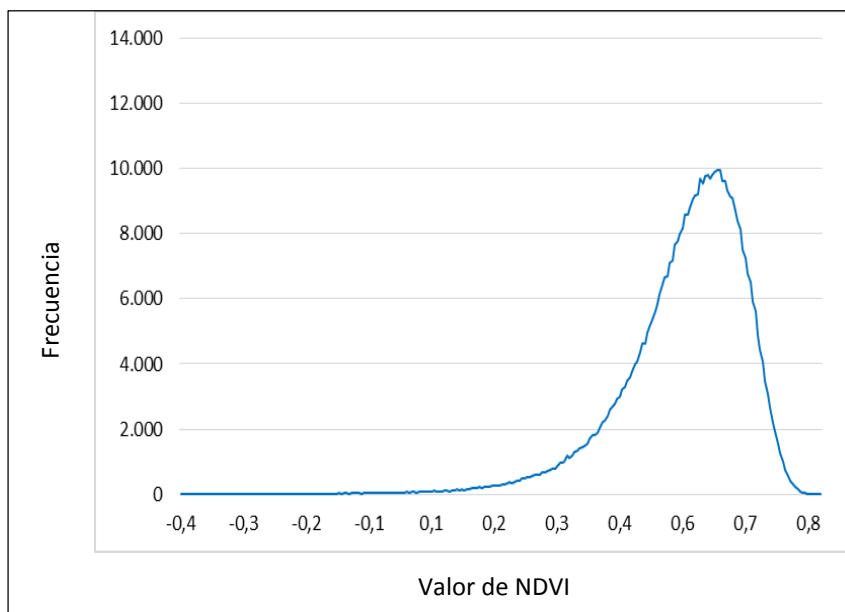


Figura 25. Ejemplo de histograma NDVI.

Cabe destacar que, debido a que el sensor multiespectral Sequoia captura también imágenes RGB, además del cálculo del NDVI, se ha realizado un análisis de las imágenes RGB obtenidas con la cámara Sequoia. Para este procesado de imagen se ha seguido el mismo procedimiento que con las imágenes tomadas con la cámara con lector de espectro visible (ver arriba). De esta manera, es posible comparar y observar las diferencias que existen entre los datos obtenidos con los dos tipos de cámara.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

3.1.1 Prueba de humectación

En las siguientes figuras (Figura 26, Figura 27, Figura 28 y Figura 29) se muestran los resultados obtenidos tras la realización de las pruebas de humectación en las cuatro mantas de riego. Debido a que, como se puede observar en las figuras, las mantas aparecen señalizadas con números, a continuación se explica la correspondencia numérica a cada tipo de manta:

- ❖ **Manta 1:** Manta de material reciclable con entramado irregular.
- ❖ **Manta 2:** Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad.
- ❖ **Manta 3:** Manta de material reciclable con entramado reticular de alta densidad.
- ❖ **Manta 4:** Manta geotextil (polipropileno).

Es importante mencionar que, en la Tabla 1 del *Anexo 3. Resultados prueba humectación del material celulósico* se detallan todas las mediciones obtenidas en las cuatro pruebas de humectación, así como el seguimiento fotográfico completo de cada una de ellas.

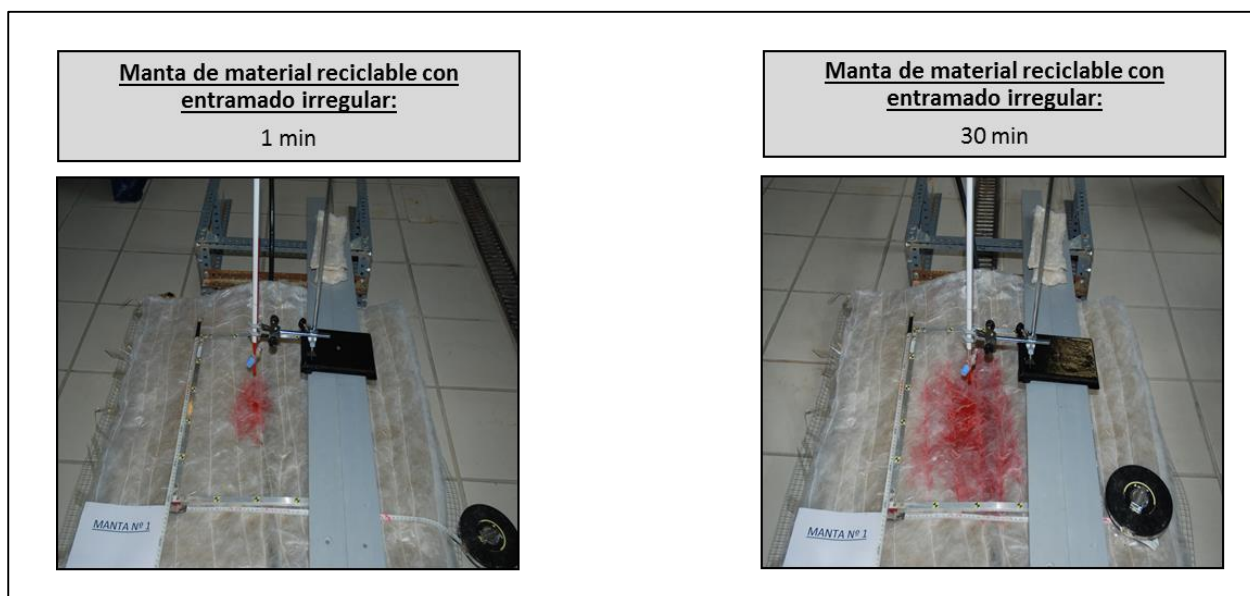


Figura 26. Inicio y fin de la prueba de humectación en manta de material reciclable con entramado irregular de alta densidad.



Figura 27. Inicio y fin de la prueba de humectación en manta de material reciclable con entramado regular de baja densidad.

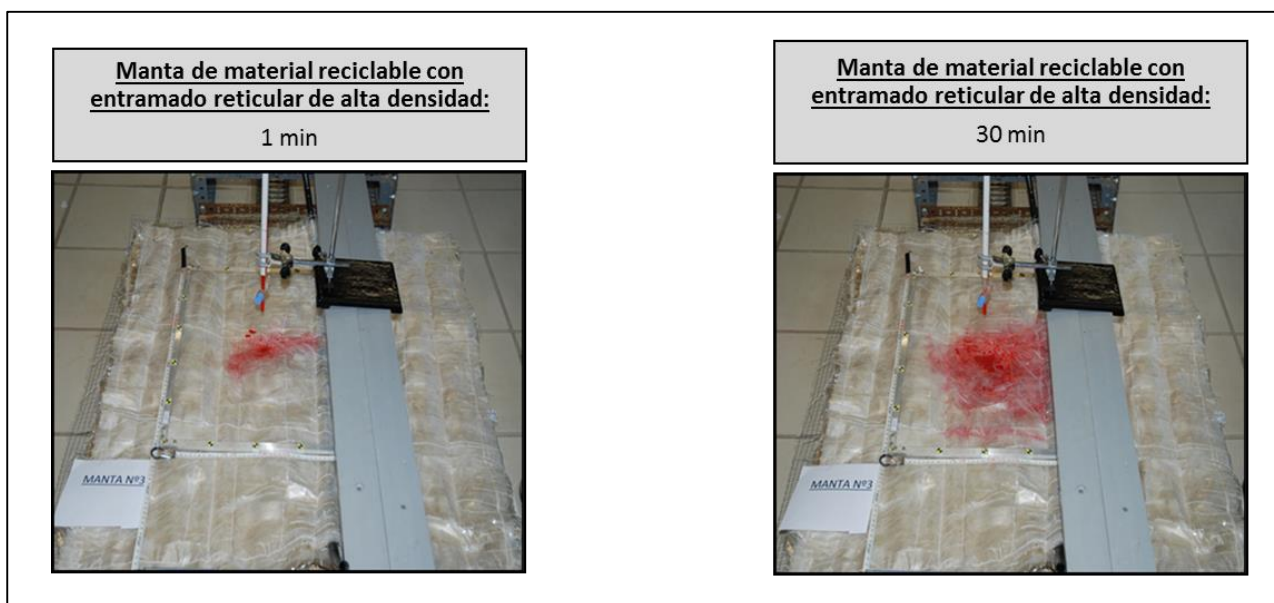


Figura 28. Inicio y fin de la prueba de humectación en manta de material reciclable con entramado regular de alta densidad.



Figura 29. Inicio y fin de la prueba de humectación en manta geotextil (polipropileno)

Con el objetivo de tener una mejor visualización de la evolución del bulbo húmedo en cada una de las mantas durante el experimento, se ha creído conveniente realizar los siguientes esquemas (Figura 30, Figura 31, Figura 32 y Figura 33). Es importante destacar que, se es consciente de que la representación del desarrollo del bulbo húmedo en los esquemas adjuntos, únicamente es una aproximación de su extensión y forma real.

Manta de material reciclable con entramado irregular de alta densidad

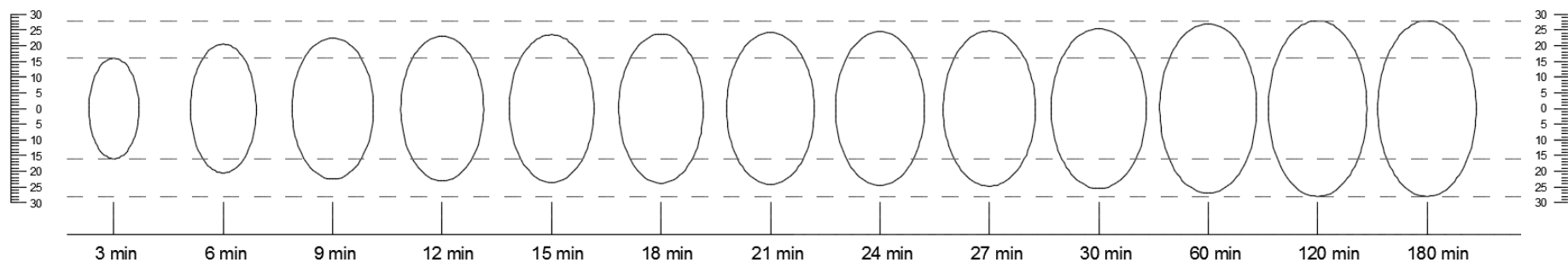


Figura 30. Representación esquemática del desarrollo del bulbo húmedo en manta de riego de material reciclable con entramado irregular de alta densidad.

Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad

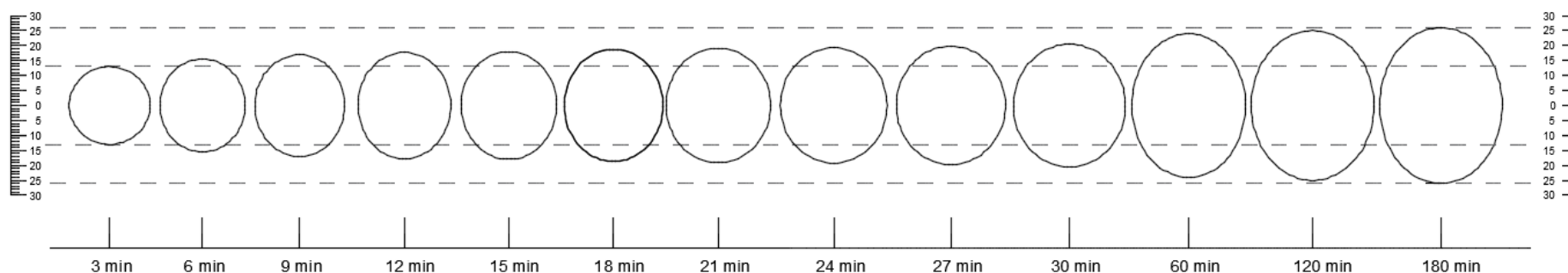


Figura 31. Representación esquemática del desarrollo del bulbo húmedo en manta de riego de material reciclable con entramado reticular de baja densidad.

Manta de material reciclable con entramado reticular de alta densidad

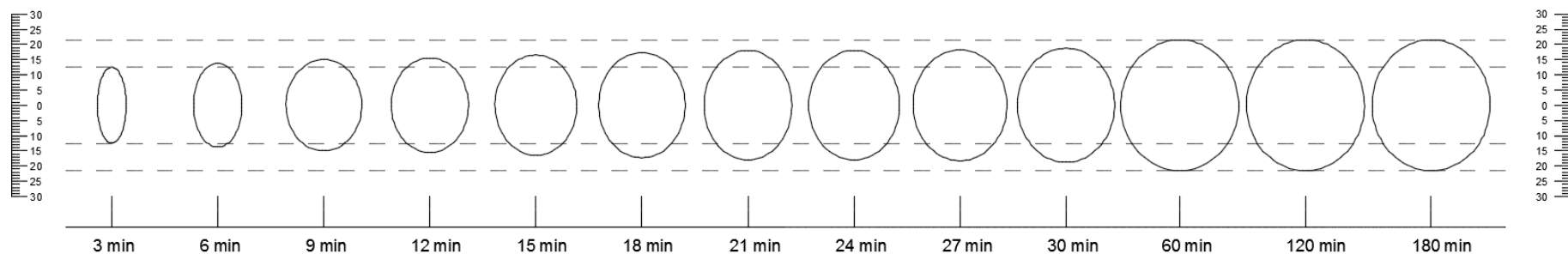


Figura 32. Representación esquemática del desarrollo del bulbo húmedo en manta de riego de material reciclable con entramado reticular de alta densidad.

Manta geotextil (polipropileno)

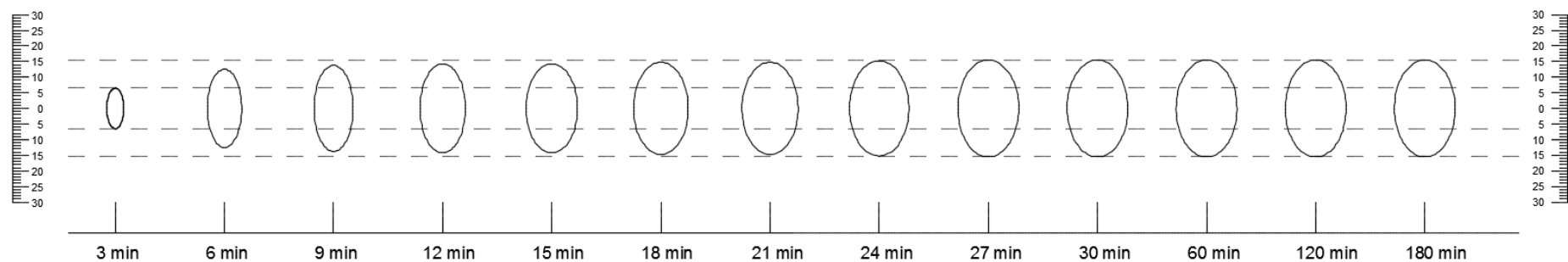


Figura 33. Representación esquemática del desarrollo del bulbo húmedo en manta de riego geotextil (polipropileno).

En primer lugar, si se realiza una comparación entre las *mantas de material reciclable* (tiras de celulosa) y la *manta geotextil*, se observa una clara diferencia en capacidad de absorción de agua. Tal y como se puede ver en las figuras anteriores (ver Figura 30-33), la *manta de riego geotextil* es la que menor capacidad de absorción ha mostrado; de hecho, es la única en la que el agua no ha llegado ni siquiera a filtrar durante los 30 minutos que ha durado el experimento, quedando el agua sobre la manta; para finalmente evaporarse en el transcurso de cuatro días. En cambio, en las *mantas de celulosa* desde el inicio mismo de la experimentación se observa un rápido filtrado y absorción del agua. Además, durante los siguientes días tras la finalización de la prueba el agua continuaba absorbida en las tres *mantas de celulosa*, lo cual daba ya una idea de la gran fuerza de succión de este material (ver Figura 30-33).

Por otro lado, en la *manta geotextil (polipropileno)* la velocidad de desarrollo del bulbo húmedo ha sido notablemente inferior a las otras tres, como consecuencia de la baja capacidad de absorción (material muy impermeable) y por tanto prácticamente nulo movimiento capilar a través del tejido.

En cuanto a la velocidad de crecimiento del bulbo húmedo, se observa como en todos los casos al inicio de la prueba crece de manera, más o menos, regular en los primeros 10 minutos. En este momento se ve como la velocidad de expansión del bulbo se reduce notablemente, llegando a aumentar luego solo unos pocos centímetros más. Una vez que se dejó de aplicar un goteo controlado sobre las mantas, se continuó con la recogida de datos hasta pasados 180 minutos para poder medir la expansión del bulbo por avance capilar. En el caso de las *mantas de celulosa* el tamaño del halo mojado aumentó entre 1 cm y 5 cm, mientras que en la *manta geotextil* se mantuvo con las mismas dimensiones.

En resumen, la *manta geotextil* ha mostrado una alta impermeabilidad, y por tanto, muy escasa capacidad de absorción de agua. En cambio, las *mantas de celulosa* presentaron una alta capacidad de absorción y posterior movimiento capilar del agua a través de su tejido; alcanzando un diámetro mojado – similar en los tres tratamientos - de aproximadamente 50 cm. Así pues, se concluye que el halo mojado no está influenciado ni por la densidad de las *mantas de celulosa* ni por el patrón de las tiras de celulosa en el interior de las mismas (se recuerda que las formas del halo mojado presentado en las Figuras 30, 31, 32 y 33 son simples esquemas).

3.1.2 Curvas de Retención de Humedad

En primer lugar, es importante destacar que las curvas de retención de humedad del material celulósico no son directamente comparables con las obtenidas a partir de una muestra del suelo, ya que el sistema poroso en cada caso es diferente. Aun así, mediante la realización de este experimento se ha querido tener una idea aproximada previa de la actuación que tendrían las cintas una vez instaladas en el suelo.

A continuación, se muestran los datos obtenidos tras la realización de la prueba así como la representación de la curva característica.

Tabla 13. Relación humedad-succión de las cintas de celulosa a 30 kPa, 100 kPa y 1.500 kPa.

	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Peso agua (g)	% humedad
Capacidad de campo (30 kPa)	1,690	0,966	0,724	74,977
100 kPa	1,335	0,679	0,656	96,613
Punto de marchitez (1.500 kPa)	1,634	1,132	0,502	44,346

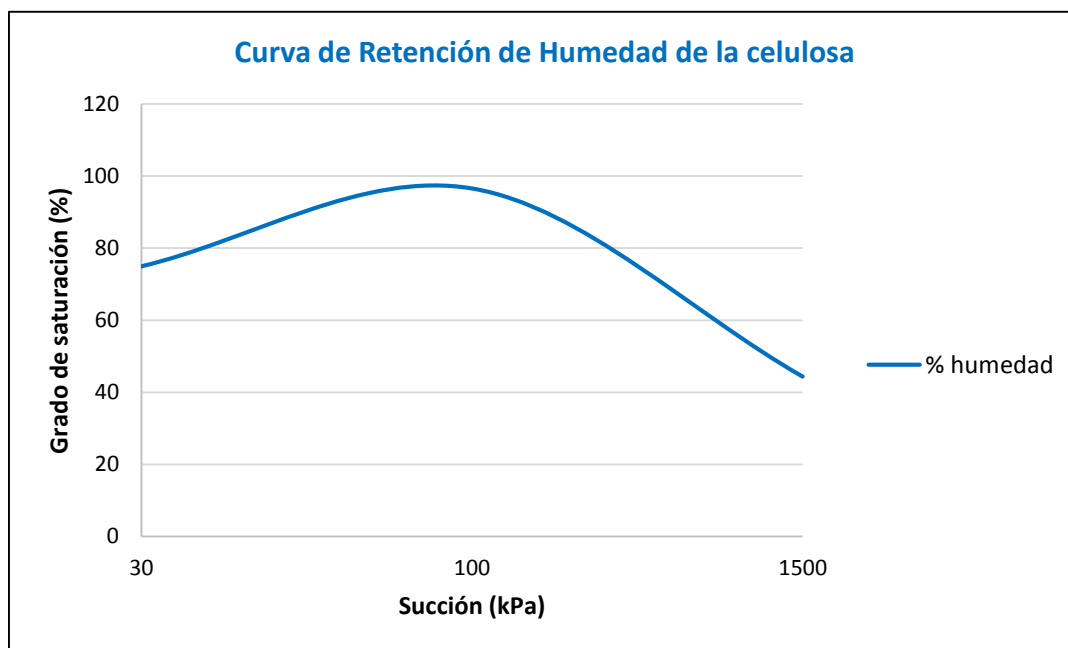


Figura 34. Representación en escala logarítmica de la curva de retención de humedad de la celulosa.

Tal y como se puede ver en la figura anterior (Figura 34), la curva no presenta la tendencia (siempre descendente) habitual que cabe esperar en este tipo de pruebas (ver Figura 8), ya que el grado de saturación a 30 kPa es inferior a 100 kPa. Una posible explicación para este resultado sería que durante la realización de la prueba no haya habido un correcto contacto entre la placa cerámica y las tiras de celulosa en alguno de ellos.

Por otro lado, se observa como aun en altas succiones el material celulósico es capaz de retener con gran fuerza el agua. Concretamente, en el punto de marchitez (1.500 kPa) la celulosa continúa reteniendo prácticamente el 50 % del agua. Además, se puede asumir que incluso hasta alrededor de 100 kPa de succión la celulosa se mantiene prácticamente saturada.

Para tener una mejor idea de la magnitud de las fuerzas de retención, se recuerda que la succión de trabajo máxima de un tensiómetro instalado en campo es de 80-100 kPa (Porta *et al.*, 2003).

Con todo, se puede concluir que en general el material celulósico presenta, además de una elevada capacidad de absorción – como se vio en las ensayos de humectación- una gran fuerza de retención de agua.

3.2 PROCESADO DE IMÁGENES

3.2.1 Análisis cualitativo.

En primer lugar, tras la realización del análisis visual se ve como los dos testigos del ensayo, **Tratamiento 1** (con riego, sin manta) y **Tratamiento 6** (sin riego ni manta, Tabla 5), reflejan la situación más favorable y la menos favorable respectivamente en el desarrollo de los tepes (ver Figura 35). Tanto el crecimiento vegetativo como su densidad y color se han visto muy limitados en el **Tratamiento 6**, debido a la falta de riego. En cambio, el **Tratamiento 1** es el que visualmente mayor vigor y homogeneidad ha presentado, es decir, su crecimiento, color y densidad de vegetación son más uniformes e intensos que el resto de los tratamientos.



Figura 35. A) Tratamiento 1 (con riego, sin manta) 9ª semana de ensayo y B) Tratamiento 6 (sin riego ni manta) 9ª semana de ensayo.

De entre los tratamientos con manta de riego, el **Tratamiento 5** (*manta geotextil*) es el que ha tenido un crecimiento más irregular seguido del **Tratamiento 3** (*entramado reticular de alta densidad*) y **Tratamiento 4** (*entramado irregular de alta densidad*). En el caso del **Tratamiento 5** (*manta geotextil*), se observa una gran diferencia en el crecimiento del tepe a lo largo de la microparcela. En la parte central, el desarrollo vegetativo es considerablemente inferior al de los extremos, es decir, en el centro de cada repetición el tepe es más bajo y presenta tonalidades de verde más claras, llegando incluso a tener zonas con vegetación seca (ver Figura 36). Además, en los bordes de las microparcelas los tonos de verde son más intensos y la densidad de vegetación es mayor (ver Figura 36). La baja permeabilidad del polipropileno observada en las pruebas de humectación (ver arriba), produjo una excesiva acumulación de agua sobre la manta afectando el crecimiento de las raíces (ver abajo, posteriores observaciones en campo) y por tanto el vigor del césped.

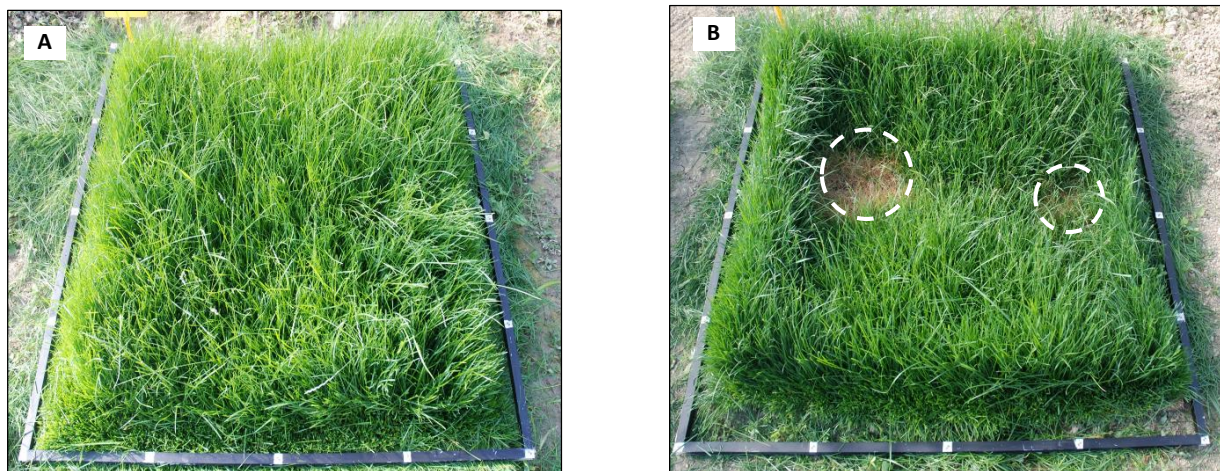


Figura 36. A) *Tratamiento 1 (sin riego ni manta) rep.2* y B) *Tratamiento 5 (manta geotextil) rep.2* de la 5ª semana de ensayo.

En cuanto los **Tratamiento 3** (*entramado reticular de alta densidad*) y **Tratamiento 4** (*entramado irregular de alta densidad*), han mostrado un comportamiento muy similar al **Tratamiento 5** (*manta geotextil*) a diferencia de que en el caso del **Tratamiento 3** (*entramado reticular de alta densidad*) ninguna de las microparcelas de ensayo ha presentado zonas sin crecimiento vegetativo. En ambos tratamientos los tepes también ha tenido un crecimiento mayor en los bordes y las tonalidades de verde son distintas, teniendo un color verde más intenso en los bordes y siendo las diferencias más marcadas en el **Tratamiento 4** (*entramado irregular de alta densidad*). Igualmente, la densidad de vegetación es más alta en los bordes de la microparcela de ambos tratamientos.

El desarrollo vegetal en el **Tratamiento 2** (*entramado reticular de baja densidad*) ha sido también bastante irregular, pero en este caso las diferencias en altura, color y densidad del tepe no han sido tan notables como en los tratamientos **3**, **4** y **5**. Aunque, en la repetición número 3 del **Tratamiento 2** la diferencia de altura entre la parte central y los bordes, así como la desigualdad en densidad y coloración, está muy marcada.

Asimismo, en esta tercera repetición del **Tratamiento 2** se pueden observar pequeñas zonas en el centro y en la parte superior derecha de la microparcela en las que la vegetación ha dejado de crecer, siendo pequeñas superficies con tonalidades muy amarillentas (ver Anexo 4. *Evolución temporal del crecimiento vegetativo de los tratamientos*).

Cabe destacar que, el diámetro del área con escaso crecimiento vegetativo que han mostrado los tratamientos con manta coincide aproximadamente con el tamaño del halo mojado que presentaron las mantas en las pruebas de humectación (ver arriba).

Se cree que el insatisfactorio comportamiento que han mostrado las *mantas de riego con material reciclable* es consecuencia de la alta capacidad de retención de agua que tiene la celulosa y que se vio en las pruebas de humectación y sobre todo en las curvas de retención (ver arriba). Es decir, el material tiene unos poros muy pequeños lo cual hace que la fuerza con la que retiene el agua sea muy alta y por tanto, el suelo no es capaz de absorber el agua de la manta. De esta manera, el agua queda retenida en la parte central de las microparcelas, manteniéndose, por tanto, la zona radicular saturada.

Entonces y hasta la sexta semana de ensayo, los distintos tratamientos mostraron, bajo análisis visual, el siguiente orden decreciente de vigor (Figura 37):

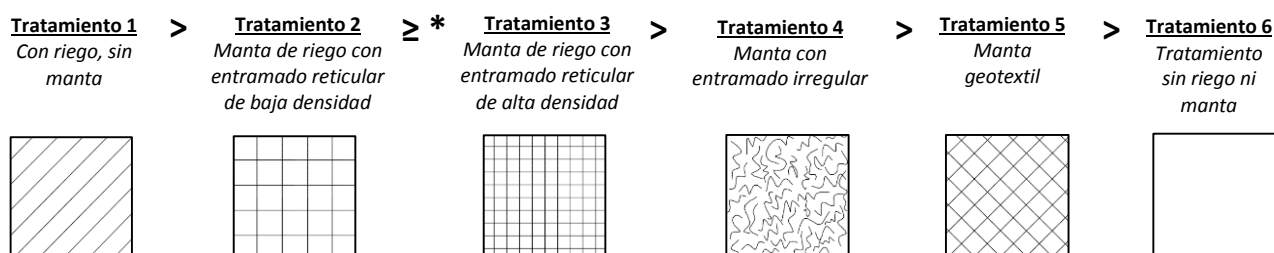


Figura 37. Orden decreciente de los tratamientos según vigor.

*Cabe aclarar que la ambigüedad en el orden asignado a los **Tratamientos 2 y 3** se deba a que el grado de deterioro del manto vegetal de cada caso se manifestó de manera diferente. En un caso, debido principalmente a diferencias de crecimiento (altura) del césped; mientras que en el otro, más bien por el predominio de áreas con vegetación seca (zonas amarillentas).

Así pues, tras la realización del análisis visual se puede concluir que, el **Tratamiento 1** es el que mayor homogeneidad ha presentado tanto en el desarrollo vegetativo como en la evolución del color y vigor, siendo por tanto el que mejor aspecto mostraba visualmente (Figura 36A y Figura 37). Por otro lado, dentro de los tratamientos con manta de material reciclable, se ha visto cómo la situación más favorable está asociada a la densidad de las mantas más que a la disposición de las tiras de celulosa (Figura 37).

Estas diferencias entre los tratamientos no estarían limitadas por las características del suelo usado en la experimentación, al contrario, ya que éste por su naturaleza pesada (franco arcillosa) habría favorecido la succión de agua. En este tipo de suelos los poros son pequeños, por lo que cabría esperar que el suelo absorbiese sin dificultad el agua retenida en la manta. En cambio, se ha visto que debido a la alta fuerza con la que retiene la celulosa el agua no ha sido posible esa succión del agua por parte del suelo. Asimismo, en un suelo arenoso donde los poros son más grandes la situación sería aún peor, ya que el tamaño de los poros que conforman este tipo de suelos es más grandes y por tanto su fuerza de succión, todavía más limitada.

Como consecuencia de estas diferencias en crecimiento y desarrollo de los tepes, debido en gran medida a un cierto anegamiento del suelo superficial, en la sexta semana de ensayo –como ya se anticipó– se decidió extender la experimentación reduciendo ahora la dosis de riego a un 1/3 (0,67 l/h). Con esta disminución del riego se trató de reducir la saturación de la zona radicular y por tanto, mejorar la homogeneidad en el crecimiento vegetativo de cada tratamiento. Además, para poder conocer cuál era el estado real de las raíces, a lo largo de la séptima semana de experimentación se realizaron cortes en la tercera repetición de cada tratamiento. El primer corte se hizo en un lateral de cada microparcela, mientras que el segundo se realizó en la parte central. Además, se tomaron distintas fotografías de los cortes realizados en cada tratamiento que se recogen en el *Anexo 4. Procesado de imágenes. Análisis cualitativo del crecimiento vegetal*.



Figura 38. Ejemplo de corte transversal realizado en los tratamientos.

En la anterior figura (Figura 38) se observan raíces con poco vigor (tonalidad amarillenta). Esto mismo se observó, en todos los tratamientos con manta. Esto indica que tal y como se dedujo antes de la realización de los cortes, en los tratamientos con manta de riego no estaba habiendo un buen filtrado del agua a través de la manta, quedando retenida en la parte central de la misma.

Las raíces presentaron ese color amarillo tanto en el primer corte (borde de la microparcela) como en el segundo (parte central de la microparcela). Así pues, como consecuencia de este anegamiento se pudo ver que no había desarrollo radicular más allá de los primeros 10 cm del suelo. Cabe destacar que, en el caso del *Tratamiento 1 (sin manta)*, pese a que las raíces también mostraban un color ligeramente amarillo, el crecimiento de las mismas fue mayor, llegando incluso a una profundidad de aproximadamente 20 cm.

A pesar de la disminución de la dosis de riego no se observaron cambios muy significativos en el patrón anteriormente descrito (Figura 37), durante la octava y novena semana de ensayo.

3.2.2 Análisis cuantitativo

La mayoría de las curvas de distribución de frecuencia de tonos de verde (banda G, del espectro visible) de los diferentes tratamientos (especialmente en las últimas mediciones) mostraron una forma muy irregular -por ejemplo, con varios picos de máxima, Figura 39. Por tanto, la idea original de caracterizar dichas observaciones sólo a través de la mediana/promedio y desviación estándar, resultaba ahora demasiado simplista. En su lugar, se decidió presentar los datos agrupados en percentiles (5, 25, 50, 75,90 y 95) y mostrarlos a través de diagramas de caja (Figura 40). Las variaciones en altura y amplitud de las diferentes cajas permitirían inferir el grado de evolución del manto verde en los distintos tratamientos a lo largo del tiempo.

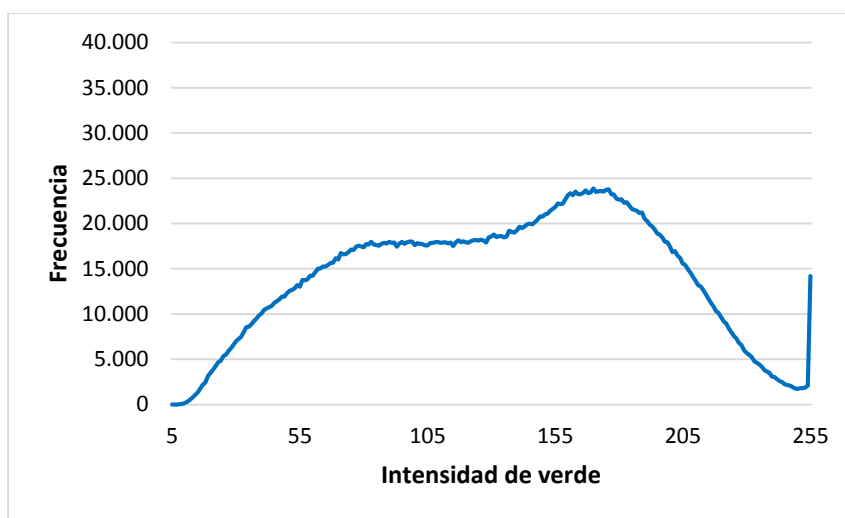


Figura 39. Ejemplo histograma de distribución de frecuencia de tonos de verde (G) irregular (Tratamiento 4 rep.2).

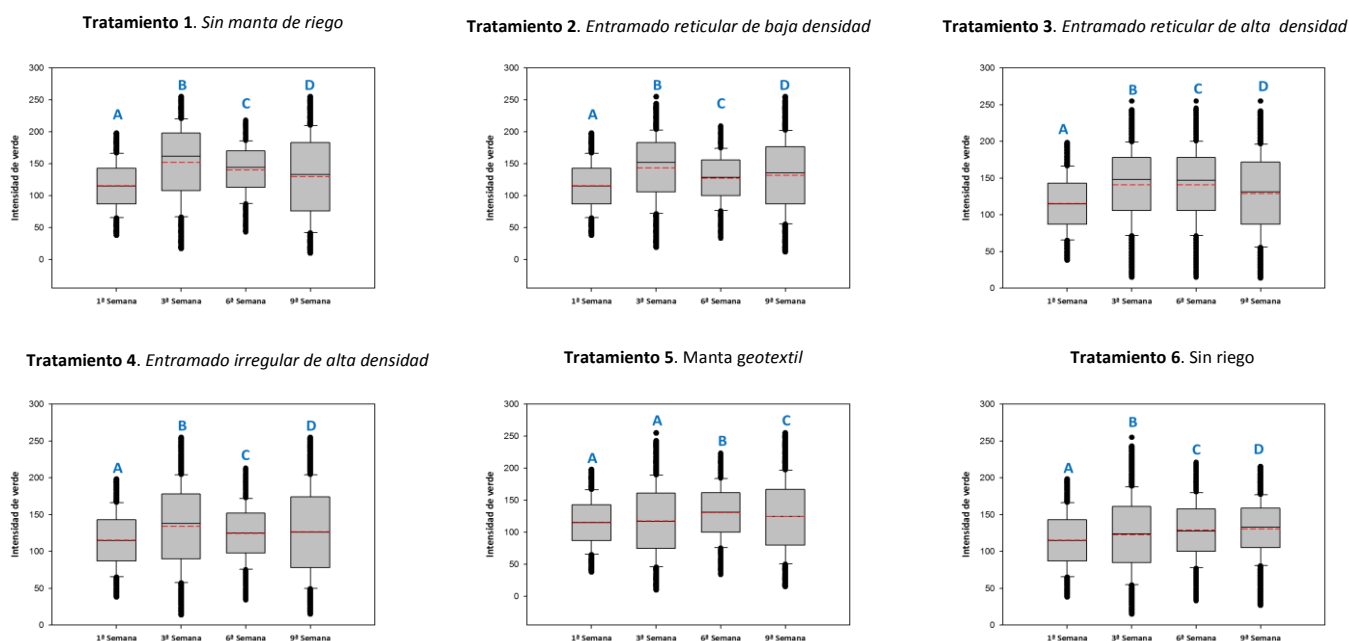


Figura 40. Representación de la evolución temporal de cada tratamiento (letras iguales indican diferencias no significativas (95%)).



Figura 41. A) Situación inicial y B) situación del Tratamiento 6 en la 9ª semana de ensayo.

A partir entonces de los diagramas de caja y bigote, comenzamos el análisis de la evolución de los cambios de la intensidad de verdes –proxy del grado de vigor del césped- con el tratamiento que presentó a simple vista mayores contrastes; éste fue el **Tratamiento 6** (testigo sin riego, Figura 40). Es así que, en este tratamiento, el deterioro del manto verde con el tiempo fue muy notorio; llegando incluso a presentar, al final de la experimentación, un predominio de amplias áreas amarillentas (césped totalmente seco) (Figura 41). Aun así, los tonos de verde (Banda G, del espectro visible) del **Tratamiento 6**, sorprendentemente, no mostraron cambios significativos a lo largo del tiempo (Figura 40). Para entender esta situación se procedió a transformar la paleta de verdes (Figura 41A) en grises (Figura 41B) para luego contrastar ambas imágenes. Se advirtió que áreas amarillentas de la imagen a color (césped seco) habrían recibido, en el procesado de imágenes, similares valores de pixel a los asignados a ciertos tonos de verdes. De ahí que el deterioro de la cobertura vegetal no se vio correctamente reflejado en el análisis de imágenes en el espectro visible. Ahora, si bien el análisis (y pruebas ANOVA) de las imágenes del espectro visible de los restantes tratamientos reveló cierta similitud con el análisis cualitativo previo (cf. Figura 37 y Figura 40), estos resultados no fueron finalmente tenidos en cuenta ya que su fiabilidad quedó muy cuestionada -como se entenderá- con lo observado en el análisis del citado **Tratamiento 6**.

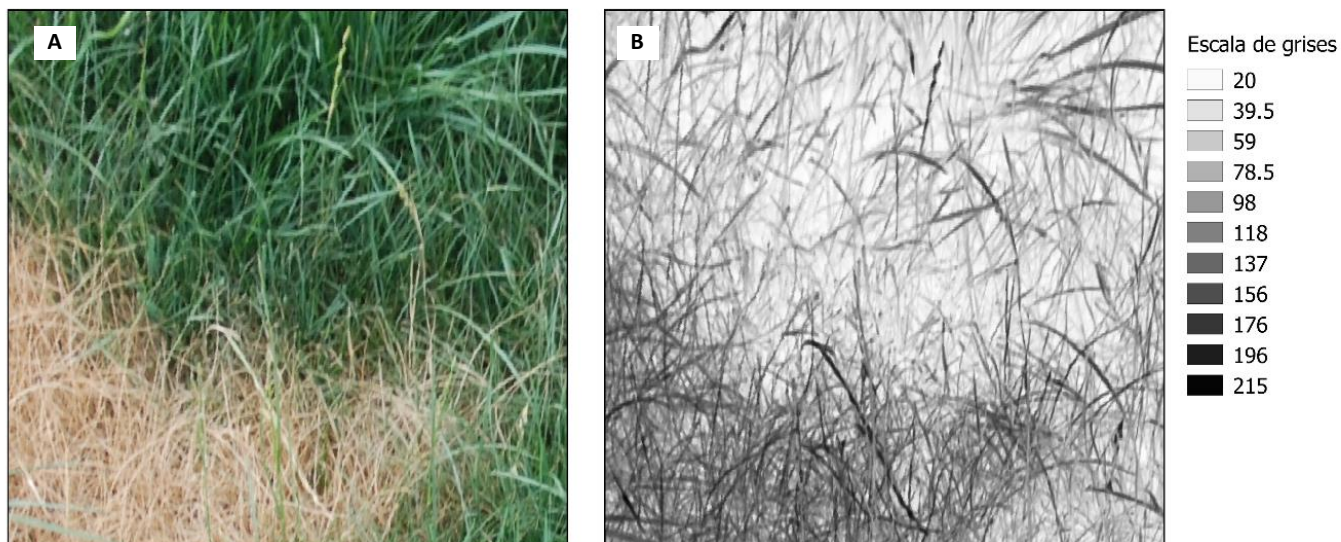


Figura 42. A) Paleta de colores verdes y B) Paleta de colores grises.

Por otro lado, el análisis de imagen realizado con el sensor Sequoia sí se ha ejecutado correctamente, ya que en este caso la cámara no detecta un falso verde sino una zona con baja actividad clorofílica. Tal y como se ha mencionado con anterioridad, mediante el empleo de este dispositivo se ha querido determinar el índice de vegetación NDVI para poder estimar la calidad, cantidad y desarrollo de la vegetación en los tratamientos.

Tras la determinación del NDVI en QGIS, con los datos obtenidos se ha elaborado un histograma de frecuencia para cada una de las repeticiones de los seis tratamientos que se recogen en el *Anexo 6. Procesado de imágenes. Análisis cualitativo del crecimiento vegetal*. A continuación, a modo de ejemplo se muestran los histogramas de frecuencia de la repetición 2 de cada uno de los tratamientos:

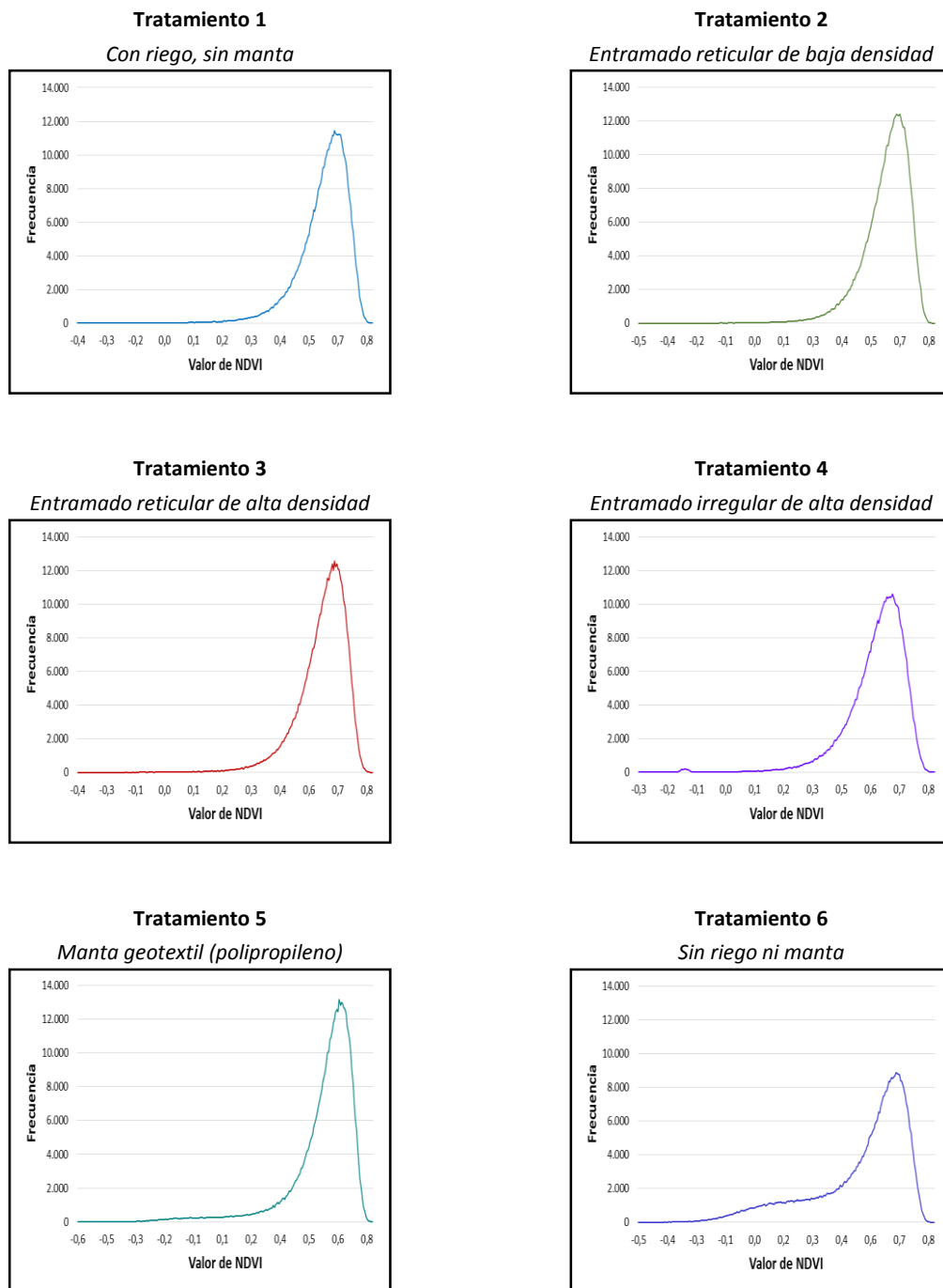


Figura 43. Histogramas de frecuencia obtenidos en el análisis del NDVI de las imágenes realizadas con sensor Sequoia (repetición 2).

Como se puede ver en la Figura 43 la distribución de los histogramas es más regular que la de los histogramas correspondientes a las imágenes del espectro visible (ver Figura 39), habiendo un único pico y variando solamente la amplitud total. Es por ello que, en este caso se ha decidido realizar una caracterización estadística a través de la determinación de los parámetros mediana y desviación estándar (Tabla 14).

Tabla 14. Mediana y desviación estándar de los resultados obtenidos en el análisis del NDVI de las imágenes realizadas con sensor Sequoia (repetición 2).

	Mediana	Desviación estándar	Mediana/Desviación estándar
Tratamiento 1	0,620	0,089	6,936
Tratamiento 2	0,600	0,098	6,091
Tratamiento 3	0,600	0,093	6,417
Tratamiento 4	0,610	0,104	5,892
Tratamiento 5	0,600	0,149	4,023
Tratamiento 6	0,600	0,217	2,770

En la anterior tabla (Tabla 14) se observa cómo todos los tratamientos muestran una mediana muy similar y diferentes valores de desviación estándar. Para poder obtener un valor que permita realizar una comparación entre los distintos tratamientos, se ha calculado el cociente entre la mediana y la desviación estándar de cada uno de ellos (Tabla 14).

Tal y como se puede ver en la tabla anterior (Tabla 14), el **Tratamiento 1** es el que tiene el número más alto del cociente entre mediana y desviación, mientras que el **Tratamiento 6** es el que menor, con valores de 6,936 y 2,770 respectivamente. El cálculo de este cociente permite realizar una clasificación de los tratamientos indicando cual es el de mayor vigor y cuál es el de menor vigor (Figura 44).

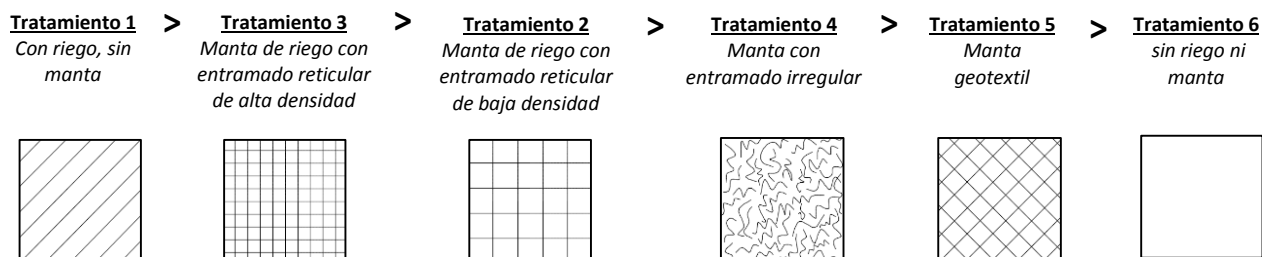


Figura 44. Clasificación de tratamientos tras el análisis cuantitativo.

Si se compara esta segunda clasificación con la realizada en el análisis visual (ver arriba), ambas son muy similares.

Se intentó buscar una relación entre los valores de NDVI (Figura 45B) con los correspondientes valores rescalados de los tonos de verde del espectro visible (Figura 45A) para, eventualmente, poder así reinterpretar la abundante información (Figura 40) que, como ya se mencionó, se tuvo que descartar dado el error experimental observado. Lamentablemente, no se encontró ninguna relación (ver Figura 46).

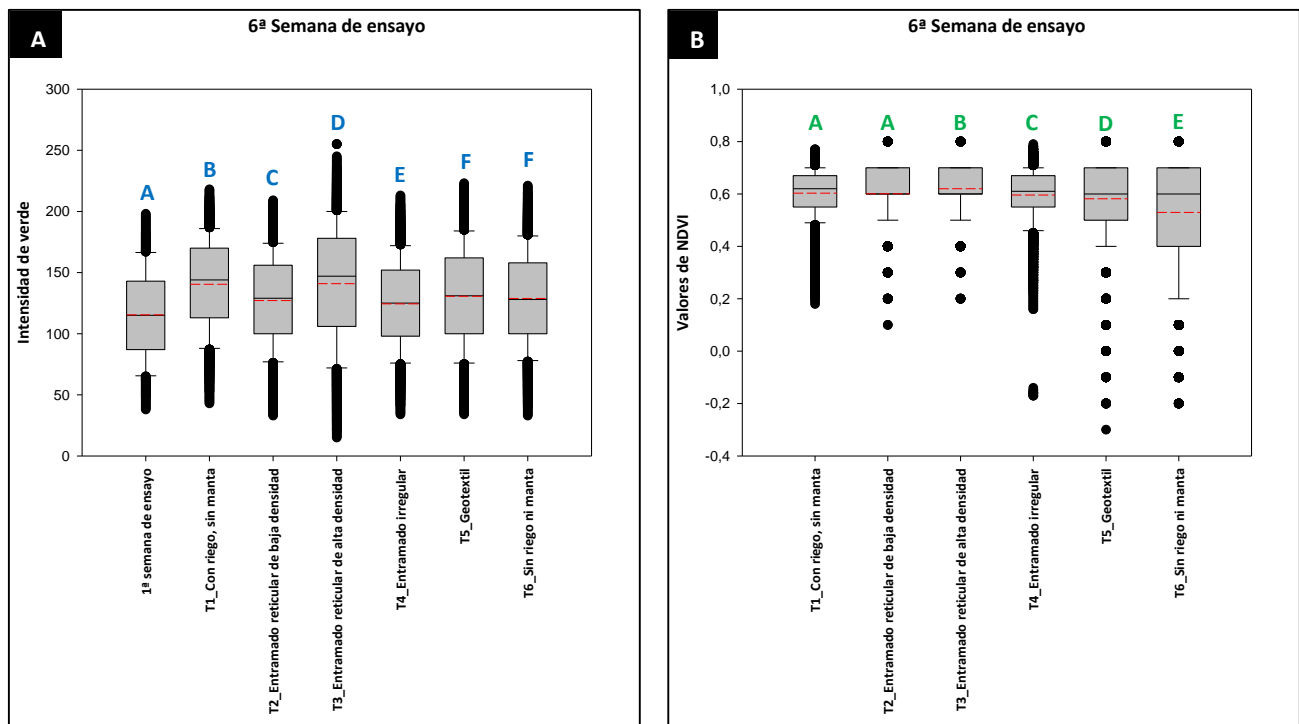


Figura 45. A) Representación de la intensidad de verde de cada tratamiento en la 6ª semana de ensayo y B) Representación del valor de NDVI de cada tratamiento en la 6ª semana de ensayo (letras iguales indican diferencias no significativas (95 %)).

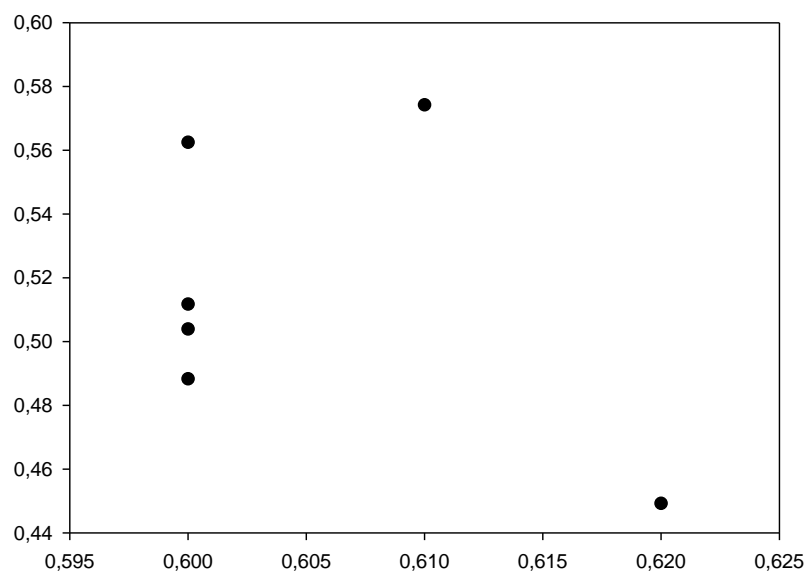


Figura 46. Representación de las medianas correspondientes a los valores de NDVI (rescalados) y de los tonos de verde del espectro visible.

Tras el análisis de todos los resultados obtenidos se puede concluir que bajo las condiciones experimentales y el limitado tiempo experimental disponible, las mantas de celulosa no mostraron mejor comportamiento que el **Tratamiento 1** de riego convencional sin manta. En el caso de que se decidiese cambiar el diseño de las mantas fabricadas a partir de material reciclable, sería posible una aproximación a la situación del **Tratamiento 1** (sin manta). Por otro lado, la posibilidad de emplear la manta geotextil queda completamente descartada debido a su alta impermeabilidad.

4. CONCLUSIONES

Las mantas de riego subsuperficial, elaboradas con celulosa proveniente de residuos de la industria cárnica, no presentaron -bajo nuestras condiciones experimentales- un mejor comportamiento que el obtenido con similar riego sin manta.

Las cintas de celulosa retienen el agua absorbida con excesiva fuerza, lo cual limita el buen drenaje, provocando, eventualmente, saturación del suelo superficial. Es así que los mejores resultados -aunque todavía insatisfactorios- se dieron con las mantas de baja densidad.

El tipo de entramado usado (reticular vs irregular) no parece afectar el grado de absorción y retención de agua.

La elevada retención de agua de las mantas sugiere que las mismas tendrían una actuación aún menos satisfactoria en suelos de textura gruesa, dada la limitada capacidad de succión del agua de estos últimos tipos de suelos.

Sin embargo, se cree que un mejor resultado se podría lograr modificando la confección de las mantas. Concretamente, con mantas elaboradas con una menor densidad a las usada en nuestros experimentos, de tal manera de intentar reducir la fuerza de retención del agua absorbida en el tejido. Además, estas nuevas mantas se confeccionarían -por su relativamente fácil manufactura- con un patrón irregular.

Los resultados adquiridos mediante la cámara con lectura de espectro visible están sujetos a grandes errores provocados por la presencia de sombras y diferencias en la iluminación de las imágenes. Es por ello que se cree interesante la posibilidad de realizar nuevos y más amplios experimentos empleando un sensor del tipo Sequoia capaz de cuantificar la banda infrarroja que refleja mejor la actividad fotosintética de la planta. Se trata, además, de un tipo de cámara que no tiene un coste excesivamente elevado y que además, proporcionaría información muy valiosa y fiable en los experimentos.

En futuros ensayos sería también conveniente la medición de la biomasa para tener así una mejor apreciación del grado de desarrollo del manto vegetal. Para ello bastaría con, en al menos una repetición de los diferentes tratamientos, realizar cortes periódicos del césped -manteniéndolo a una altura constante- y procesar este material en laboratorio.

Asimismo, a futuro sería aconsejable también realizar la instalación de sensores para poder observar la dinámica del agua en el suelo.

Finalmente, se debería también experimentar con menores dosis y/o tiempo de riego de tal manera de reducir así la saturación de la zona radicular y, a la vez, ahorrar agua.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. G. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (Vol. 56). Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/aql/aqlw/docs/idp56s.pdf>
- Aquanea - Bioingeniería aplicada al paisajismo. (2016). *Manta de riego Dripitex*. Disponible en: <http://www.aquanea.com/appl/botiga/client/img/D-ECO.es.pdf>
- Arnold, R., Helbig, R., Hufnagl, E., Müller, P. y Scholz, M. (2004). *Irrigation Mat. Espacenet patent search*. Disponible en: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20040812&DB=EPODOC&locale=en_EP&CC=DE&NR=10118643B4&KC=B4&ND=4
- Beyer, H., y Walter, W. (1987). *Manual de química orgánica*. Reverte.
- Calvo, S. B., San José, M. L. G., y Alejandre, A. P. (2012). Retos medioambientales de la industria alimentaria. Disponible en: [http://www.tagingenieros.com/noticias/pdf/noticia-87-0\(RetosMedioambientales\).pdf](http://www.tagingenieros.com/noticias/pdf/noticia-87-0(RetosMedioambientales).pdf)
- Croney, D. y Coleman, J. D. (1961) "Pore pressure and suction in soils" Proc Conf. pore pressure and suctions in soils: 31 - 37. Butterworth's, London, U. K.
- DCtech. (2016). *Proctor-Geo Eco-Rain*. Disponible en: <http://www.dctech.com.au/proctorgeo-ecorain/>
- De los Ángeles Megía, P.J. (2009). *Anejo nº 10 Necesidades Hídricas. Diseño de parque municipal en Santa Cruz de los Cañamos*. Disponible en: [file:///I:/TFM/Infomación/CÉSPED/Cálculo%20de%20las%20necesidades%20hídricas%20\(FAO\).pdf](file:///I:/TFM/Infomación/CÉSPED/Cálculo%20de%20las%20necesidades%20hídricas%20(FAO).pdf)
- Dirksen, C. (1999). *Soil physics measurements*. Catena Verlag, Reiskirchen, Germany, 154 p.
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=ES>
- Felber, C. (2011). *La Economía del Bien Común/ L'economía Bene Comune*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=U4tL4eS--XM>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). *Afrontar la escasez de agua, Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
- Gil-Albert Velarde, F., y Velarde, F. G. A. (2006). *Manual Técnico de Jardinería: I. Establecimiento de jardines, parques y espacios verdes* (No. 04; SB453, G5 2006.).
- Haub, C., Haub, D. & Stienemann, N. (2016). *Watering mat for supplying fluids for the root region of plants, and watering system*. Disponible en: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2016046264A1&KC=A1&FT=D#>

- Helbig, R., Arnold, R., Haub, D.K. y Thomas Roess. (2009). *Watering mat for the large-area distribution of water*. Disponible en:
<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2009015911A2&KC=A2&FT=D#>
- Hunter built on innovation. (2016). *Eco-Mat uniformidad y ahorro de agua insuperables*. Disponible en:
<https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/CA-Cutsheets-Eco-Mat-ES.pdf>
- Irigoyen Iriarte, I. (2016). Economía circular. Material de clase. Master Universitario en Ingeniería Agronómica. Universidad Pública de Navarra.
- Irrigation & Water Technologies (I.W.T.). (2016). *About KISS Technology*. Disponible en:
<http://www.kisss.com.au/Products/AboutKISSTechnology.aspx>
- KISS Sub-surface textile irrigation. (2016a). *Small Lawns/Garden*. Disponible en:
<http://www.kissslawnandgarden.com/small-lawns-gardens/>
- KISS Sub-surface textile irrigation. (2016b). *Medium Lawns/Garden*. Disponible en:
<http://www.kissslawnandgarden.com/medium-lawns-gardens/>
- KISS Sub-surface textile irrigation. (2016c). *Large Lawns/Garden*. Disponible en:
<http://www.kissslawnandgarden.com/large-lawns-gardens/>
- Kepler, W. F., Comer, A. I. y Von Fay, K. (2004). Geosynthetic material irrigation system. *Espacenet patent search*. Disponible en:
<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=6712552B1&KC=B1&FT=D>
- Lett, L. A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Revista argentina de microbiología*, 46(1), 1-2. Disponible en:
<file:///I:/TFM/Propuesta%20TFM/Articulo.pdf>
- Lichfield, W. H. (1999). Subsurface irrigation apparatus and method. *Espacenet patent search*. Disponible en:
https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=19990817&CC=US&NR=5938372A&KC=A
- Mestas Valero, R. M. (2011). Régimen hídrico del suelo y evapotranspiración en áreas agrícolas y forestales.
- McMurry, J. (2012). *Química orgánica / Organic chemistry*. Cengage Learning.
- Payero, J. O., Yonts, C. D., e Irmak, S. (2005). EC05-776 Advantages and Disadvantages of Subsurface Drip Irrigation. Disponible en: <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/ec776.pdf>
- Porta, J., López-Acevedo, M., y Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*.
- Primo Yúfera, E. (1995). Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria.
- Pro & Garden todo para el cultivo. (2016). *Vivapol manta subterránea*. Disponible en:
<http://www.proandgarden.com/content/102-vivapol-manta-subterranea>

Roess, T.H. y Polderman, T. (2013a). *Irrigation mat has non-woven web, which has good capillary operation for moisture or water, where irrigation tube has openings for discharging water, and irrigation tube is fixed to nonwoven web*. Disponible en:
<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=DE&NR=102011083742A1&KC=A1&FT=D#>

Roess, T.H., Polderman, T. y La monte, P. (2013b). *Sunsurface Irrigation Mat*. *Espacenet patent search*. Disponible en:
<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2013074400A1&KC=A1&FT=D>

Rouse Jr, J., Haas, R., Schell, J., y Deering, D. (1974). *Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS*. *NASA Special Publication*.

Sillers, W. S., Fredlund, D. G., y Zakerzadeh, N. (2001). *Mathematical attributes of some soil—water characteristic curve models*. In *Unsaturated soil concepts and their application in geotechnical practice* (pp. 243-283). Springer Netherlands.

ANEXOS

ANEXO 1. FICHA TÉCNICA PATENTES DE MANTAS DE RIEGO

EVALUACIÓN DE MANTAS DE RIEGO FABRICADAS CON MATERIAL RECICLABLE

Autor: Alaitz Aldaz Lusarreta

Directores: Miguel Ángel Campo Bescos
Rafael Giménez Díaz

Septiembre, 2017

PATENTE N° 1

SURFACE IRRIGATION APPARATUS AND METHOD



US005938372A

United States Patent [19]
Lichfield

[11] **Patent Number:** **5,938,372**
[45] **Date of Patent:** **Aug. 17, 1999**

[54] **SUBSURFACE IRRIGATION APPARATUS AND METHOD**

[76] Inventor: **William H. Lichfield**, 4090 W. 2600 North, P.O. Box 112, Corinne, Utah 84307

[21] Appl. No.: **08/811,945**

[22] Filed: **Mar. 5, 1997**

[51] **Int. Cl.⁶** **A01G 25/06; A01G 25/16**

[52] **U.S. Cl.** **405/38; 405/36; 405/37; 405/39; 405/43; 405/50**

[58] **Field of Search** **405/36-39, 40, 405/43, 50**

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

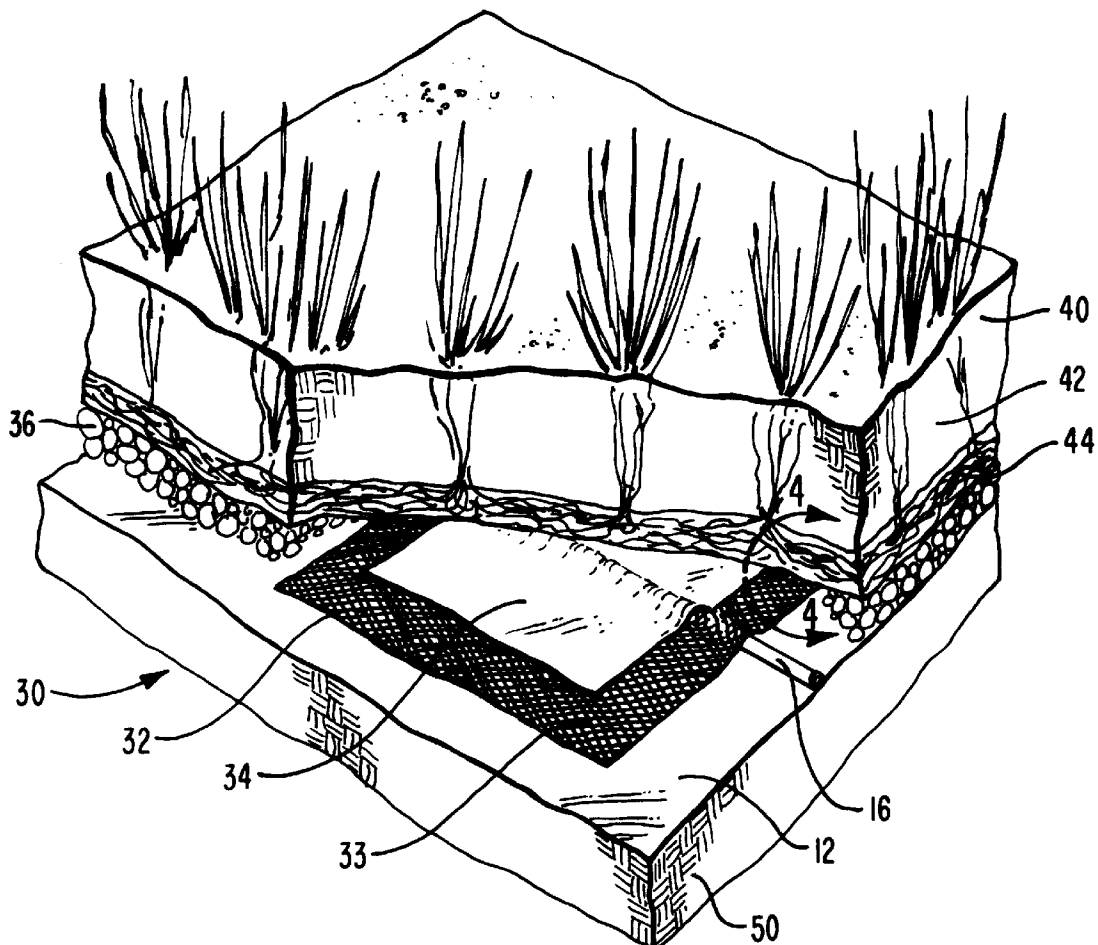
3,479,825	11/1969	Hellstrom	405/38
3,908,385	9/1975	Daniel et al.	405/37
4,832,526	5/1989	Funkhouser, Jr.	405/43
4,881,846	11/1989	Burkstaller	405/37
5,064,308	11/1991	Almond et al.	405/43
5,306,317	4/1994	Yoshizaki	405/36 X

Primary Examiner—Tamara Graysay
Assistant Examiner—Tara L. Mayo
Attorney, Agent, or Firm—J Winslow Young

[57] **ABSTRACT**

A subsurface irrigation apparatus and method, the apparatus including an underlayment of water resistant material which also serves as a mounting surface for the remaining elements of the subsurface irrigation apparatus. Water is supplied to the subsurface irrigation apparatus through a water supply conduit and distributed through a plurality of water distribution conduits. Each water distribution conduit includes a plurality of spaced holes through which the irrigation water distributed by the water distribution conduits. A diffuser is mounted across each hole to diffuse the water into the surrounding soil. Each diffuser includes a layer of fibrous material partially covered by a water resistant overlayment. The fibrous layer diffuses the water outwardly from the hole while simultaneously inhibiting root encroachment into the hole. A layer of coarse sand may be overlaid across said subsurface irrigation apparatus for helping diffuse the water into the soil, particularly those soils having a high content of clay. A valve and a controller to control the valve are also included. A moisture sensor can also be used to sense the moisture level in the soil to activate the controller.

19 Claims, 2 Drawing Sheets



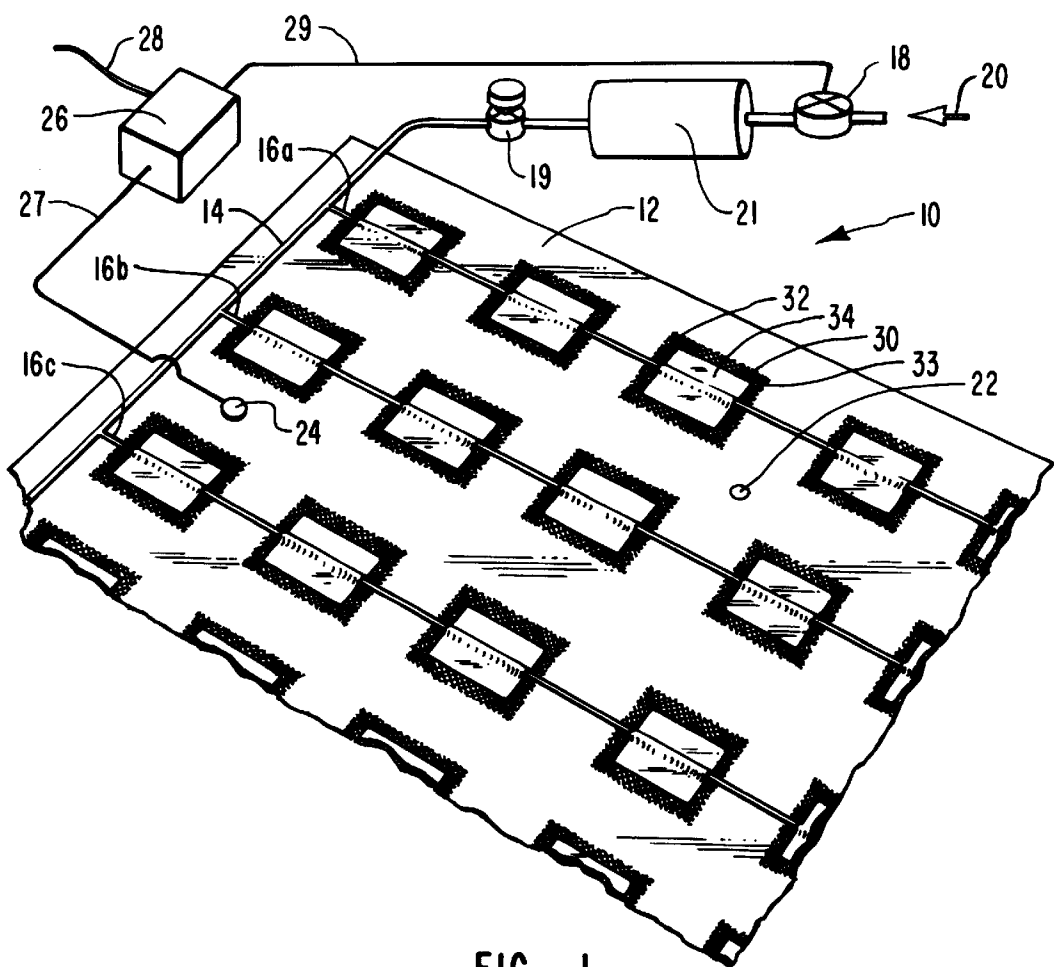


FIG. 1

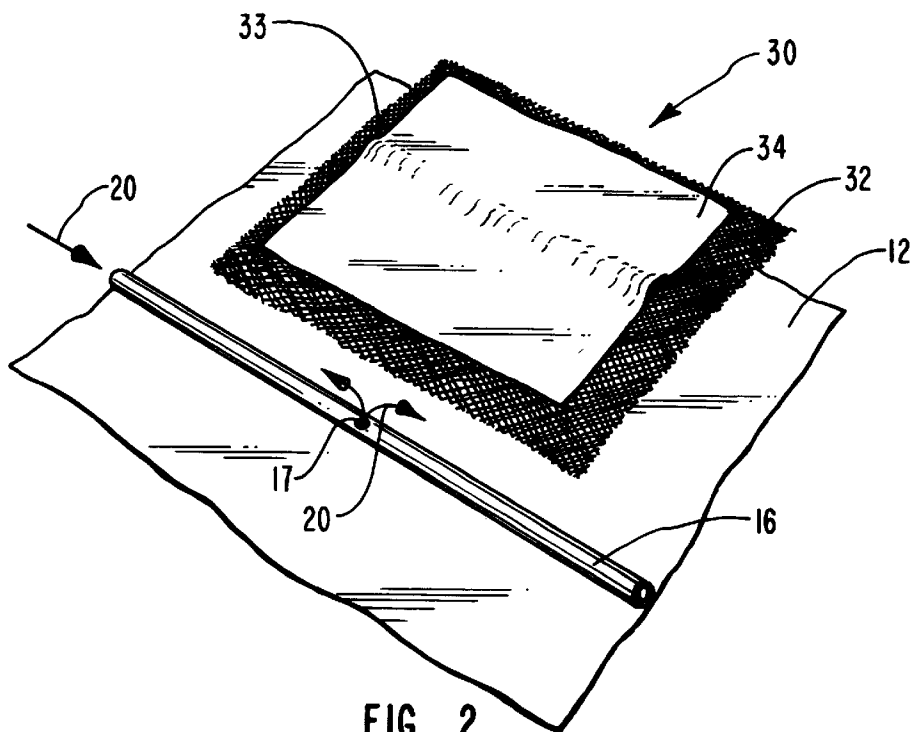


FIG. 2

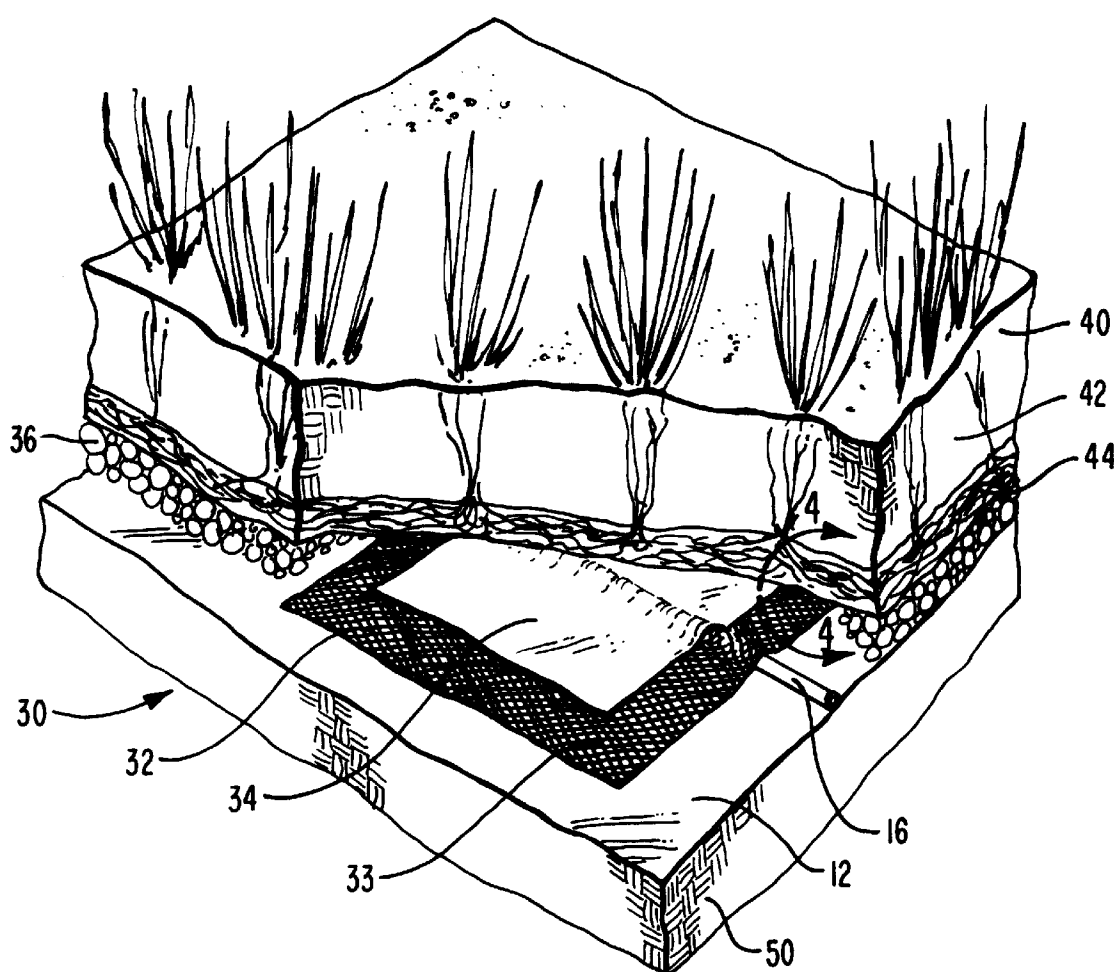


FIG. 3

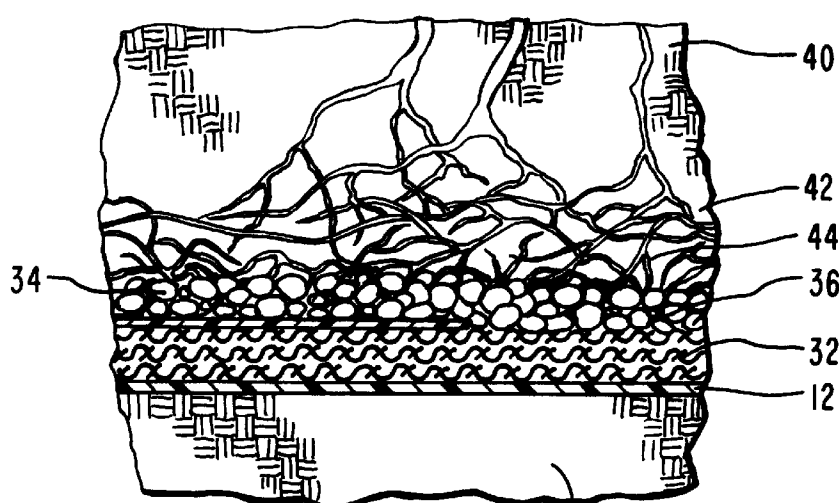


FIG. 4

SUBSURFACE IRRIGATION APPARATUS AND METHOD

BACKGROUND

1. Field of the Invention

This invention relates to subsurface irrigation systems, and more particularly, to a subsurface water irrigation apparatus and method, the irrigation apparatus including a unique diffuser system for uniformly distributing the water while simultaneously inhibiting root infiltration into the water distribution apparatus.

2. The Prior Art

Subsurface watering systems are known in the art and incorporate various devices for distributing the water. A primary reason for using a subsurface watering system is that it provides substantial savings in the quantity of water used. Pumping costs are also less in the event a pump is required as compared to the pumping costs incurred when pumping is necessary to supply sufficient pressure in order to operate a conventional sprinkling system. The conventional sprinkling system for lawn and landscape irrigation is usually permanently installed and involves a network of underground pipes to supply the irrigation water to above-ground sprinkler heads spaced throughout the area to be watered. A series of valves control selected portions of the irrigation network and can be either manually controlled or operated by timer devices. Although such a permanent sprinkler system is much more convenient than a manually positioned sprinkler system there are a number of problems associated with these types of sprinkler system.

Water consumption is perhaps the most serious problem since a very high percentage of the sprinkled water is lost to evaporation, particularly during hot, windy weather conditions. Further many sprinkler systems deliver the water at a rate that exceeds the ability of the soil to absorb the water with the result that there is excessive runoff and/or the creation of swampy areas. Both of these conditions contribute to significant water wastage. Additionally, sprinkler systems are always designed so that the spray from each sprinkler head overlaps the spray from adjacent sprinkler heads. Conventionally, this overlap is in the range of about 60% which further exacerbates the runoff problem.

Another problem with conventional sprinkler systems results from overspray that strikes automobiles, buildings, windows, and the like, particularly on windy days. This problem is particularly acute in arid regions of the country since the water in these regions generally contains relatively high concentrations of dissolved salts such as calcium carbonate. The result is that these salts are deposited on the adjacent surfaces where it creates an unsightly deposit when the water evaporates. It is a common sight in these regions to see bricks, windows, automobiles, and the like stained by these unsightly deposits.

Above-ground sprinkler systems also restrict usage of the lawn area watered thereby both during watering and for a period of time thereafter until the grass has become sufficiently dry. Accordingly, it is customary to water golf courses, for example, at night so that the grass will be sufficiently dry for play the next morning. However, this practice exacerbates another problem in that it makes the grass more susceptible to attack by fungi such as mold, moss, etc.

Another problem with above-ground sprinkler systems is that the sprinklers themselves are easily damaged by lawn care equipment, golf carts, etc. A further problem is that

many injuries are caused by inadvertent contact with the sprinkler during play or merely by accidentally tripping over them.

In the area of water conservation, it is neither practicable nor economically feasible to use what is euphemistically referred to as "grey water" in an above-ground sprinkling system. This arises from the aesthetics of using grey water due to sanitation, odors, etc., plus the added expense of the necessary pumping systems to develop sufficient pressure to render the grey water sprinkler system operable.

Various underground irrigation systems are known in the art. As the name implies, these systems are designed to deliver the water to distribution outlets spaced at intervals along the underground tubing. One patent, for example, (U.S. Pat. No. 3,479,825; Hellstrom) discloses a subsurface irrigational system wherein an artificial barrier is buried a substantial distance below the surface of the soil in order to create an artificial water table below the roots of the crops growing in the soil. Water is introduced into the soil through buried pipes or through deep ditches in order to cause the water to migrate laterally throughout the soil. The barrier prevents the water from disappearing into the earth.

Reese (U.S. Pat. No. 4,060,991) discloses a subsurface irrigation system for plants specifically designed to eliminate problem of roots fouling the water distribution system. An underground, vented chamber includes a float valve mechanism to regulate the quantity of water in the chamber. A pipe carries water from the chamber to a moisture pit. Both the pipe and the moisture pit are filled with sand to provide a capillary path for the water while serving as a root barrier.

Brandt (U.S. Pat. No. 4,065,926) discloses a subterranean irrigation system wherein a coarse screen or grid of flexible material having internal interconnecting passages for the flow of water. The grid is buried underneath the area to be watered. Orifices are distributed along the interconnecting passages to release the water by gravity feed from a source or reservoir.

Funkhouser, Jr. (U.S. Pat. No. 4,832,526) discloses an underground watering system wherein a plurality of equally spaced, shallow water reservoir trenches are prepared. The trenches are formed with rounded surfaces and are lined with a waterproof liner. A water distribution pipe is laid in each trench and the trenches are filled with a fine stone aggregate. A water permeable fabric is placed across the entire area to be watered. A relatively coarse layer of aggregate is placed over the water permeable fabric followed by an upper layer of relatively fine aggregate. A sod layer is then placed on top of the fine aggregate where its roots receive moisture drawn up through the various layers by capillary action.

U.S. Pat. No. 5,374,138 teaches a lawn area subsurface irrigation system wherein special conduits spaced at predetermined intervals deliver the water into the soil at the root level. A deflector system is included as part of the conduit to block the downward movement of water in the deflecting area below the conduit.

Each of these prior art references are directed to solving problems associated with above-ground sprinkling systems and subsurface irrigation systems. However, unless the subsurface irrigation system is provided with very elaborate and, therefore, costly shielding systems such as those taught by Reese (U.S. Pat. No. 4,060,991) or Funkhouser, Jr. (U.S. Pat. No. 4,832,526) the orifices by which the water is released into the soil will be highly susceptible to encroachment by roots from the plant. That roots will seek out a

source of water and, indeed, grow into the source of water to such an extent as to eventually plug the water conduit is a well known fact. For example, an entire service industry has been created around this phenomena in the area of rotary derooting of sewer lines. Subsurface lawn irrigation systems will clearly encounter the same phenomena although on a smaller scale but with the same consequences, namely, plugged orifices.

It would, therefore, be a significant advancement in the art to provide a subsurface irrigation apparatus having a plurality of water distribution lines each having a plurality of orifices therein for the uniform delivery of water, each orifice being shielded from root encroachment by a unique water diffusion device. It would also be an advancement in the art to mount the conduits and the diffusion devices to a water impervious membrane for ease of fabrication and installation of the subsurface irrigation apparatus. Such a novel apparatus and method is disclosed and claimed herein.

BRIEF SUMMARY AND OBJECTS OF THE INVENTION

This invention is a novel subsurface irrigation apparatus and method wherein a plurality of water distribution conduits are bonded to a water-impervious membrane in a preselected spacing. Each conduit includes a plurality of orifices formed at spaced locations along the length of each conduit. A diffuser is mounted atop each orifice and is prepared from a swatch of fibrous material over which a smaller swatch of water-impervious material is laid as an outer covering. The outer covering is dimensionally smaller than the swatch of fibrous material so as to leave a peripheral border of fibrous material which border serves as the diffusing mechanism for diffusing water into the overlying soil. Importantly, the fibrous material inhibits root encroachment into the orifice in the tubing. A layer of coarse sand or gravel can also be placed atop the subsurface irrigation apparatus to assist in diffusing the water into the overlying soil. A moisture sensor coupled into a timer/controller assists in more precisely delivering water into the soil. A filter is also included for those applications where the water is either unfiltered secondary water or grey water.

It is, therefore, a primary object of this invention to provide improvements in subsurface irrigation apparatus.

It is another object of this invention to provide improvements in the method of delivering water to plants at a subsurface location.

Another object of this invention is to provide a subsurface irrigation apparatus wherein the water distribution conduits are bonded in a spaced array to a sheet of water impervious membrane for ease of fabrication, handling, and installation.

Another object of this invention is to provide a plurality of spaced orifices in each conduit.

Another object of this invention is to provide a diffuser for each orifice.

Another object of this invention is to provide a diffuser that is fabricated from a swatch of fibrous material having a water-impervious layer as an overlayment.

Another object of this invention is to provide a peripheral border of fibrous material extending beyond the perimeter of the overlayment to increase the surface area of the fibrous material exposed to the soil.

Another object of this invention is to provide a layer of coarse sand or gravel atop the subsurface irrigation apparatus to aid in diffusing the water into the root zone of the plants.

Another object of this invention is to provide a controller for automatically controlling the delivery of water to the subsurface irrigation apparatus.

Another object of this invention is to provide a moisture sensor for sensing low moisture conditions for the plants being watered by the subsurface irrigation apparatus.

Another object of this invention is to provide a filter for the inlet to the subsurface irrigation apparatus for removing foreign objects from the incoming water particularly when grey water is being used.

Another object of this invention is to selectively provide a plurality of spaced drain holes in the water impervious membrane.

These and other objects and features of the present invention will become more readily apparent from the following description in which preferred and other embodiments of the invention have been set forth in conjunction with the accompanying drawing and appended claims.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWING

FIG. 1 is a perspective view of the novel subsurface irrigation apparatus of this invention;

FIG. 2 is a fragmentary, exploded perspective view of the novel diffuser for my subsurface irrigation apparatus;

FIG. 3 is a perspective view of a water diffuser shown in the environment of a layer of sod; and

FIG. 4 is an enlarged, cross-sectional view of a fragmentary portion of FIG. 3, illustrating diffusion of water into the root zone of the overlying sod.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

The invention is best understood from the following description with reference to the drawing wherein like parts are designated by like numerals throughout and taken in conjunction with the appended claims.

General Discussion

The novel, subsurface irrigation apparatus and method of this invention involves an underlayment to which a plurality of irrigation conduits are bonded. Water outlets are provided in the irrigation conduits at spaced intervals. Importantly, I have provided each water outlet with a water diffuser that not only diffuses water uniformly into the region about each water outlet but also prevents root encroachment into the irrigation conduits through the water outlet. Each water diffuser is configured as a swatch of fibrous material such as a nonwoven mat of fiberglass strands through which the water is readily able to percolate. A smaller swatch of plastic is placed atop the fibrous layer as an overlayment and to shield a major portion of the fibrous layer against soil encroachment into the fibrous layer. The dimensions of the plastic overlayment are incrementally less than the dimensions of the fibrous layer to provide a peripheral fringe through which the water is diffused into the surrounding soil. Importantly, the size of the individual diffusers and their spatial relationship is selectively predetermined in order to obtain the optimal delivery of irrigation water. This not only saves water but also minimizes the creation of soggy zones and/or dry zones. A layer of coarse sand or gravel can also be placed over the subsurface irrigation apparatus to assist in water diffusion particularly in areas where the soil includes a high clay content.

A further advantage provided by my unique subsurface irrigation apparatus is that it lends itself admirably to usage

on sloped surfaces to provide a uniform distribution to the overlying soil. Sloped surfaces are especially difficult to water due to excessive runoff. However, I have found that I can selectively adjust the placement of the holes in the distribution conduits along with the size of the various holes and thereby achieve uniform water distribution into the soil. Hole placement usually entails creating an offset or staggered pattern with the holes to accommodate for the fact that each hole will distribute water in a plume that generally fans outwardly in the downslope direction from the hole. The staggered pattern will preclude excessive overlap between succeeding plumes. The size of holes in the distribution conduits will also accommodate for this fact of the downwardly oriented plumes by having smaller holes downslope so that less water is delivered to the soil to compensate for the overlaying plume. Importantly, my novel subsurface irrigation apparatus thereby essentially eliminates water runoff on sloped surfaces, especially steeply sloped surfaces.

Drainage holes are selectively located at spaced intervals in the underlayment in order to preclude the buildup of salts from the irrigation water. These drainage holes allow excess water to drain away from the underlayment and carry away residual salts left behind upon evaporation and transpiration of the irrigation water from the soil. The number and placement of the drainage holes is predetermined based upon the requirements of the specific application. If additional holes are required after the sod has developed atop the subsurface irrigation apparatus they can be punched using a sharpened spike. An optional controller can be included in the system to provide for watering on a predetermined cycle. Further, a moisture sensor can also be included as a means for activating the controller when the soil moisture drops below a preset amount. Advantageously, my novel subsurface irrigation apparatus can be activated at any time regardless of the activity taking place on the sod.

Detailed Description

Referring now to FIG. 1, the novel subsurface irrigation apparatus of this invention is shown generally at 10 and includes an underlayment 12 having a supply conduit 14 and a plurality of irrigation, or rather, distribution conduits 16a-16c bonded thereto. Distribution conduits 16a-16c are coupled in fluid communication to supply conduit 14. A valve 18 in supply conduit 14 regulates the delivery of water (shown schematically herein at arrow 20) to supply conduit 14. Supply conduit 14 also includes a filter 21 and a pressure regulator 19 therein. Filter 21 is necessary for those applications where water 20 is obtained from a source of secondary water such as irrigation water, grey water, or the like. Pressure regulator 19 selectively reduces the pressure of water 20 prior to water 20 being introduced into distribution conduits 16a-16c.

Referring now also to FIG. 2, each of distribution conduits 16a-16c has a plurality of diffusers 30 mounted thereto at spaced intervals along the length thereof. Diffuser 30 is configured as a diffusion layer 32 over which is laid an overlayment 34. Diffusion layer 32 is fabricated from a fibrous layer through which water 20 can easily pass. I have found that a relatively thin (about one to, say, five millimeters) layer of diffusion layer 32 provides an adequate flow zone for the uniform diffusion of water 20. Preferably, diffusion layer 32 is prepared from a nonwoven mat of an inert material such as glass fibers which are completely impervious to degradation from mildew, dissolution, rot, or the like. Further, it appears that the random placement of the glass fibers in diffusion layer 32 inhibits root encroachment into diffusion layer 32 apparently because there are no

regular flow paths for water that would otherwise be found in a woven layer. Further, a nonwoven mat is substantially less expensive to produce than a woven mat. Importantly, diffusion layer 32 is dimensionally configured to extend beyond the outer periphery of overlayment 34 to provide a peripheral fringe 33. Fringe 33 serves as the interface zone for the diffusion of water 20 into the adjacent soil. This feature provides for an increased surface area through which water 20 is diffused into the soil thereby providing a more uniform distribution of water 20.

Underlayment 12 is prepared from either a water resistant or, preferably, from a water-impervious material such as a plastic, or the like. All of the elements of supply conduit 14, distribution conduits 16a-16c and diffusers 30 are adhesively or thermally bonded to overlayment 12 so as to accommodate subsurface irrigation apparatus 10 being rolled into a roll for ease of shipping, handling, and installation. Underlayment 12 is fabricated from a plastic sheet material that is suitably robust in order to withstand both handling abuse as well as to support the water diffusion system mounted thereto and to withstand deterioration over time as it is intended for permanent installation in the soil. Underlayment 12 may also be selectively modified to include a plurality of drain holes 22 at spaced locations between diffusers 30. Where necessary, drain holes 22 are designed to allow a certain percentage of water 22 (generally about ten percent) to drain away from atop underlayment 12. This drainage reduces salts accumulation that would otherwise occur from the natural evaporation and transpiration of water 20.

Referring now specifically to FIG. 2, diffuser 30 is shown in reduced scale in this exploded, perspective view. Diffusion conduit 16 is shown with at least one hole 17 therein by which water 20 is introduced into diffuser 30. Water 20 is diffused outwardly from hole 17 in a full 360° circle by the porous nature of diffusion layer 32. Diffusion layer 32 is sandwiched between underlayment 12 and overlayment 34 so that water 20 is forced outwardly in a full, 360°, horizontal direction rather than in a vertical direction. Upon reaching fringe 33 water 20 is no longer constrained by overlayment 34 and is thus readily able to percolate into and to be drawn by capillary action upwardly and outwardly into the overlying soil. Underlayment 12 prevents water 20 from being lost by any downward movement as would otherwise occur if underlayment 12 were absent.

Holes 17 are formed in diffusion conduit 16 in any preselected pattern and of any predetermined size. The particular pattern chosen is a function of various factors associated with the installation of subsurface irrigation apparatus 10. For example, in those installations on a sloped surface to subsoil 50, it may be preferable to orient each of holes 17 in an offset or staggered orientation relative to the next, succeeding hole 17 directly downslope so as to reduce any tendency for water 20 to create a flow channel from one hole 17 to the next hole 17 and so forth. Additionally, each of the succeeding holes 17 downslope can be selectively prepared with an opening that is incrementally smaller than the upslope hole in order to compensate for the downward orientation of the moisture plume generated by the upstream hole 17.

As an added feature to subsurface irrigation apparatus 10, valve 18 can be configured as a remotely operated valve electrically coupled to a controller 26 through a control line 29. Controller 26 is a conventional controller having the necessary programmable features such as times of operation of valve 18 as well as duration for the delivery of water 20 into supply conduit 14. Controller 26 can also be automated

by the inclusion of a moisture sensor **24** electrically coupled to controller **26** by a sensor line **27**. Electrical power is supplied to controller **26** by a power line **28**. In this manner subsurface irrigation apparatus **10** can be selectively controlled to deliver precise, predetermined quantities of water **20** to sod **40** (FIGS. **3** and **4**) at any time and under any preselected conditions.

Referring now also to FIGS. **3** and **4**, sod **40** is shown growing atop subsurface irrigation apparatus **10** placed atop a subsoil **50**. Sod **40** includes a root zone **42**, the lower portion of which is formed as a zone of densely matted roots **44**. Densely matted roots **44** are created by the presence of subsurface irrigation apparatus **10**, particularly by underlayment **12** which prevents the roots in root zone **42** from extending downwardly into the underlying subsoil **50**. The vertical dimension of the thickness of sod **40** can be any suitable thickness although I have found that an optimal thickness is generally within the range on the order of about 5 to 10 centimeters. However, for flower beds and the like a more suitable depth for subsurface irrigation apparatus **10** may be anywhere within the range on the order of about 10 to 20 centimeters deep. The depth at which one buries subsurface irrigation apparatus **10**, is, therefore, a function of the type of plants to be watered thereby. However, the present configuration was designed as a subsurface watering system for a lawn, sod **40**. As such, the resulting sod **40** will be particularly characterized by the absence of above ground sprinkling heads, hoses, etc. Further, subsurface irrigation apparatus **10** is ideally suited for the use of what is commonly referred to as "grey water," grey water being defined as the nontilet waste water collected from basins, dishwashers, tubs, washing machines, and the like. The only adaptation necessary to adapt subsurface irrigation apparatus **10** to the use of such grey water as water **20** is the inclusion of a conventional filter system such as filter **21** which is installed in supply conduit **14** adjacent valve **18**. Advantageously, since water **20** is delivered below the soil level there is minimal health hazard, odors, or the like, that would otherwise be encountered if one were to distribute grey water using a conventional, above ground sprinkling system.

Additional diffusion of water **20** into sod **40**, if necessary, can be achieved by selectively including a layer of coarse sand or gravel shown herein as aggregate layer **36** atop underlayment **12** and diffuser **30**. Aggregate layer **36** is particularly useful in those applications where sod **40** includes a particularly high percentage of clay.

The Method

The novel method of this invention involves obtaining a sheet of water resistant or otherwise waterproof material such as a plastic for use as underlayment **12**. Underlayment **12** should be sufficiently robust to withstand the rigors encountered during fabrication, transportation, and installation of subsurface irrigation apparatus **10**. I have found, for example, that a sheet of agricultural grade polypropylene plastic about 2 mils thick was adequate for this purpose. A sheet of underlayment having dimensions of about three meters wide and about 10 to 20 meters long is generally an acceptable size although any other preselected size configuration may be utilized. Supply conduit **14** is then mounted across one edge of underlayment **12**. Distribution conduits **16a-16c** are then affixed in a parallel relationship along the long axis of underlayment **12** and coupled to supply conduit **14** in fluid communication therewith. Holes **17** are formed in distribution conduits **16a-16c** at preselected intervals along the length of distribution conduits **16a-16c** either before or

after distribution conduits have been mounted to underlayment **12**. Each of holes **17** are then covered by a diffuser **30** which is prepared from a square of diffusion layer **32** and covered with an overlayment **34**. Importantly, the dimensions of overlayment **34** are less than diffusion layer **32** in order to leave a fringe **33** exposed around the periphery of diffuser **30**.

Subsurface irrigation apparatus is now ready for installation under sod **40**. For an existing layer of sod **40**, a longitudinal cut is made in sod **40** to a length generally corresponding to the length of subsurface irrigation apparatus **10**. A series of lateral cuts are then made in the sod outwardly and perpendicularly from the longitudinal cut to a total distance incrementally greater than the width of subsurface irrigation apparatus **10**. The distance between lateral cuts is sufficiently narrow to accommodate the installers being able to roll the sod into a roll that is rolled outwardly. This procedure results in a plot of subsoil **50** that is bare of sod **40** in an area incrementally larger than subsurface irrigation apparatus **10**. Subsurface irrigation apparatus **10** is then laid over the top of sub soil **50** and sod **40** is then relaid over the top of subsurface irrigation apparatus **10**. Sod **40** is easily and uniformly watered with water **20** by simply opening valve **18** to distribute water **10** to each of diffusers **30**. Importantly, diffusion layer **32** directs water **20** outwardly into fringe **33** in a full 360° circle so as to uniformly distribute water **20** into fringe **33**. Fringe **33** allows water **20** to percolate into sod **40** where it is readily absorbed therein.

Advantageously, since water **20** is distributed directly to root zone **42** of sod **40** there is minimal loss of water **20** through evaporation. Further, water **20** can be delivered to sod **40** even during hot, windy weather or other conditions when sprinkler irrigation is either prohibited or discouraged. Water **20** can also be delivered to sod **40** at any time and under any conditions, even during periods of activity on sod **40** such as golf, soccer, etc. This is made possible because subsurface irrigation apparatus **10** is specifically configured to deliver precise quantities of water to sod **40** so as to eliminate runoff, puddles, swampy areas and the like. Further, the inclusion of moisture sensor **22** and controller **26** allows the operator (not shown) to selectively adjust the operation of subsurface irrigation apparatus **10** to precisely control the delivery of water **20** to sod **40**. For example, if sod **40** has been recently seeded, controller **26** can be programmed to deliver water **20** at such a rate as to keep the upper surface of sod **40** constantly moist for proper seed germination. After germination, controller **26** can be reprogrammed to reduce the rate of delivery of water **20** to sod **40** to thereby encourage the formation of root zone **42**. Delivery of water **20** to the region of sod **40** below its surface also eliminates the problem of grass seed (not shown) being washed away.

The use of subsurface irrigation apparatus **10** for watering such areas as golf courses and the like means that watering need not be done at night since night watering is notorious for its exacerbation of fungi problems in sod **40**. Further, the application of fertilizers, insecticides, selective herbicides, and the like, can be delivered directly into sod **40** at minimal exposure risk to persons playing golf, etc., on sod **40**.

The present invention may be embodied in other specific forms without departing from its spirit or essential characteristics. The described embodiments are to be considered in all respects only as illustrative and not restrictive. The scope of the invention is, therefore, indicated by the appended claims rather than by the foregoing description. All changes which come within the meaning and range of equivalency of the claims are to be embraced within their scope.

What is claimed and desired to be secured by United States Letters Patent is:

1. A subsurface irrigation apparatus comprising:
an underlayment, said underlayment being configured as
a sheet of water resistant material;

a water supply conduit;

water distribution means mounted to said underlayment
for distributing water over the surface of said
underlayment, said water distribution means including
at least one water distribution conduit coupled in fluid
communication to said water supply conduit, said at
least one water distribution conduit including a plural-
ity of holes formed at spaced intervals in said at least
one water distribution conduit;

a diffusion layer mounted across each of said holes in said
at least one water distribution conduit, said diffusion
layer comprising a first external periphery, said first
external periphery having a first dimension and said
overlayment comprises a second external periphery,
said second external periphery having a second
dimension, said first dimension being incrementally
larger than said second dimension thereby creating a
peripheral fringe of said diffusion layer extending
beyond said second external periphery of said overlay-
ment; and

an overlayment mounted across said diffusion layer.

2. The subsurface irrigation apparatus defined in claim 1
wherein said subsurface irrigation apparatus includes a valve
in said water supply conduit and a control means for
controlling said valve.

3. The subsurface irrigation apparatus defined in claim 2
wherein said control means includes a controller and a
moisture sensor for sensing moisture adjacent said sheet of
water resistant material.

4. The subsurface irrigation apparatus defined in claim 2
wherein said underlayment includes a plurality of drain
holes in said sheet of water resistant material.

5. The subsurface irrigation apparatus defined in claim 1
wherein said diffusion layer comprises a layer of fibrous
material.

6. The subsurface irrigation apparatus defined in claim 5
wherein said fibrous material comprises a nonwoven fabric.

7. The subsurface irrigation apparatus defined in claim 6
wherein said nonwoven fabric comprises a fiberglass mat.

8. The subsurface irrigation apparatus defined in claim 1
wherein said diffusion layer at each of said holes in said at
least one water distribution conduit is spaced from the
adjacent diffusion layer.

9. The subsurface irrigation apparatus defined in claim 1
wherein said subsurface irrigation apparatus includes a layer
of coarse sand spread across said subsurface irrigation, said
layer of coarse sand aiding in the diffusion of water.

10. A subsurface irrigation apparatus comprising:

a water supply conduit operable to receive water from a
supply of said water;

valve means in said water supply conduit for regulating
flow of said water through said water supply conduit;

a plurality of water distribution conduits coupled in fluid
communication to said water supply conduit, each of
said water distribution conduits being spaced at pre-
selected locations along said water supply conduit and in
parallel relationship with each adjacent said water
distribution conduit;

an underlayment beneath said water distribution conduits;

a plurality of holes in said water distribution conduits,
said holes being formed in a spaced relationship to
form a grid on said water distribution conduits; and

a water diffuser on each of said holes, said water diffuser
including a diffusion layer and an overlayment, said
diffusion layer comprising a sheet of fibrous material,
said diffusion layer having a first surface area and said
overlayment having a second surface area, said first
surface area being incrementally larger than said sec-
ond surface area thereby providing a peripheral fringe
of said diffusion layer around said overlayment.

11. The subsurface irrigation apparatus defined in claim
10 wherein said water supply conduit and said plurality of
said water distribution conduits are mounted to said under-
layment and said underlayment provides a support structure
for said water supply conduit and said water distribution
conduits.

12. The subsurface irrigation apparatus defined in claim
10 wherein said underlayment includes a plurality of drain
holes at spaced locations in said underlayment.

13. The subsurface irrigation apparatus defined in claim
10 wherein said fibrous material comprises a nonwoven
fabric.

14. The subsurface irrigation apparatus defined in claim
10 wherein said subsurface irrigation apparatus includes a
controller for selectively operating said valve means.

15. The subsurface irrigation apparatus defined in claim
14 wherein said controller includes a moisture sensor for
sensing a low moisture condition adjacent said underlay-
ment.

16. A method for providing an irrigation water at a
subsurface location comprising the steps of:

laying a sheet of underlayment at a predetermined loca-
tion;

mounting a water supply conduit atop said underlayment;

coupling a plurality of water distribution conduits in fluid
communication to said water supply conduit;

forming a plurality of holes at spaced locations in said
water distribution conduits;

placing a water diffuser atop each of said holes;

laying a surface to be watered by said irrigation water atop
said water diffuser; and

watering said surface by directing said irrigation water
through said water supply conduit and said water
distribution conduits through said holes and said water
diffuser into said surface, said watering step including
diffusing said irrigation water into said surface by
forming said diffuser with a layer of fibrous material
atop said holes and covering said layer of fibrous
material with an overlayment of water resistant
material, said diffusing step including providing a
peripheral fringe around said overlayment, said periph-
eral fringe acting as a diffuser for diffusing said irri-
gation water into said surface.

17. The method defined in claim 16 wherein said laying
step includes forming a plurality of drain holes in said
underlayment at preselected locations.

18. The method defined in claim 16 wherein said watering
step includes interposing a valve in said water supply
conduit and regulating said valve by coupling a controller to
said valve.

19. The method defined in claim 18 wherein said regulating
step includes placing a moisture sensor in said surface and
signaling the moisture condition of said surface to said
controller with said moisture sensor.

PATENTE N° 2

GEOSYNTHETIC MATERIAL IRRIGATION SYSTEM



US006712552B1

(12) **United States Patent**
Kepler et al.

(10) **Patent No.:** **US 6,712,552 B1**
(45) **Date of Patent:** **Mar. 30, 2004**

- (54) **GEOSYNTHETIC MATERIAL IRRIGATION SYSTEM**
- (75) Inventors: **William F. Kepler**, Golden, CO (US);
Alice I. Comer, Katy, TX (US); **Kurt F. Von Fay**, Morrison, CO (US)
- (73) Assignee: **The United States of America as represented by the Department of the Interior**, Washington, DC (US)
- (*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

- (21) Appl. No.: **10/192,883**
- (22) Filed: **Jul. 10, 2002**
- (51) Int. Cl.⁷ **E02B 11/00**
- (52) U.S. Cl. **405/37; 405/38; 405/44; 405/45; 405/43; 472/92**
- (58) Field of Search **405/36, 37, 38, 405/39, 43, 44, 45, 51, 46; 472/92**
- (56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

728,088	A	*	5/1903	Dillon	405/38
1,200,869	A	*	10/1916	Rife	405/45
3,307,360	A	*	3/1967	Bailly	405/38
3,908,385	A	*	9/1975	Daniel et al.	405/37
4,001,968	A		1/1977	Green	47/80
4,023,506	A	*	5/1977	Robey	405/43
4,117,685	A		10/1978	Skaife	405/36

4,140,421	A	2/1979	Lloyd	405/43
4,257,191	A	3/1981	Holter et al.	47/48.5
4,832,526	A	5/1989	Funkhouser, Jr.	405/43
4,878,780	A	11/1989	Vidal	405/38
4,913,596	*	4/1990	Lambert, III	405/43
5,006,013	A	4/1991	Burkstaller et al.	405/38
5,026,207	A	* 6/1991	Heath	405/46
5,076,726	A	* 12/1991	Heath	405/38
5,752,784	A	* 5/1998	Motz et al.	405/37
5,765,304	A	6/1998	Clark	47/58
5,788,413	A	8/1998	Peggs	405/129
5,839,659	A	* 11/1998	Murray	239/1
5,848,856	A	* 12/1998	Bohnhoff	405/36
5,938,372	A	8/1999	Lichfield	405/38
5,961,389	A	* 10/1999	Dickinson	472/92
6,178,691	B1	1/2001	Caron et al.	47/79
6,287,049	B1	* 9/2001	Keinholz	405/46

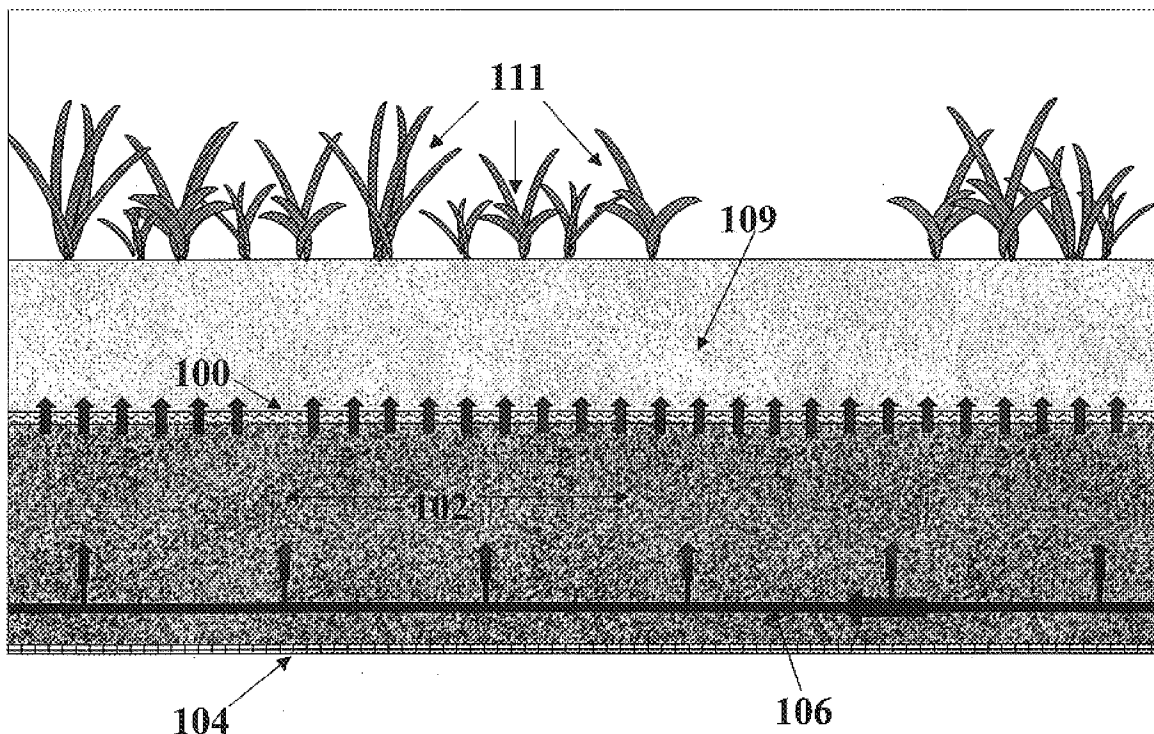
* cited by examiner

Primary Examiner—Frederick L. Legman
(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Mark Homer

(57) **ABSTRACT**

The present invention is an economical and easily installed irrigation system for agricultural products covering large areas. The invention comprises top and bottom layers of geosynthetic material having a non-cohesive, porous material between the layers. A water distribution system is also placed between the layers. This system can be placed directly on the area to be irrigated without digging a trench or hole. Agricultural products, such as turf or row crops, are placed with top soil directly on the system.

16 Claims, 2 Drawing Sheets



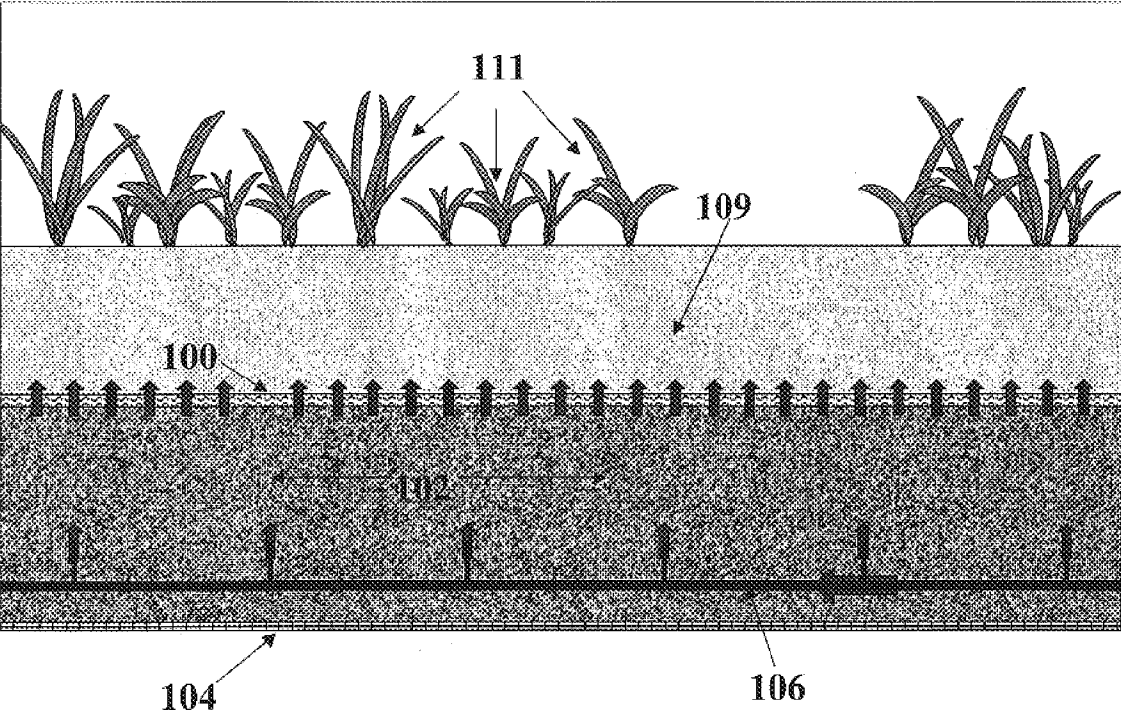


FIGURE 1

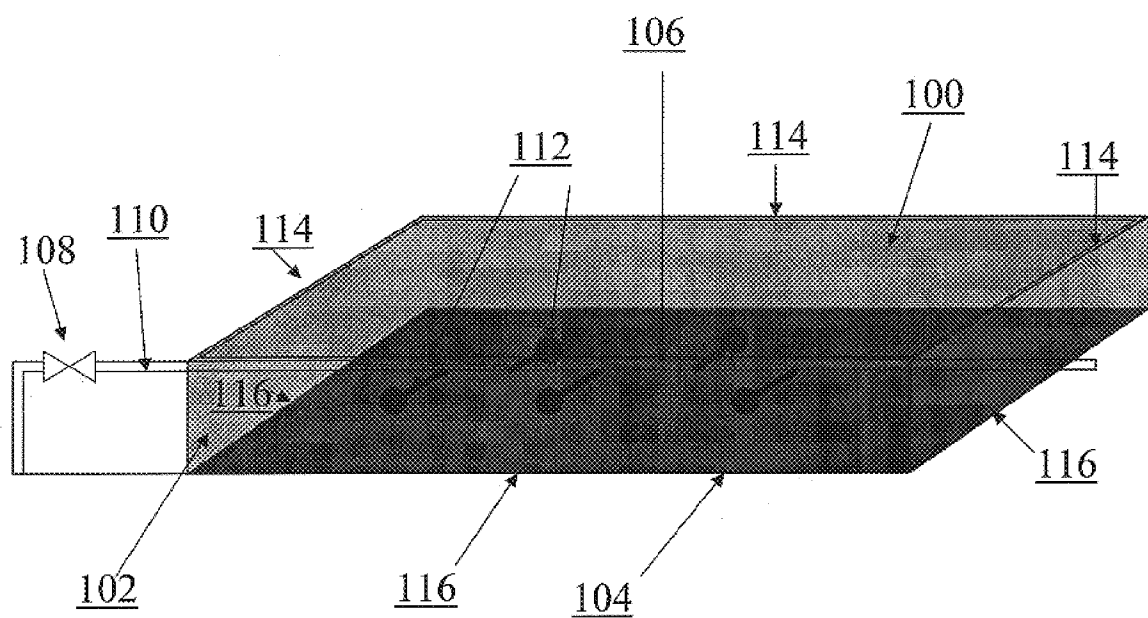


FIGURE 2

GEOSYNTHETIC MATERIAL IRRIGATION SYSTEM

STATEMENT OF GOVERNMENT INTEREST

The invention described herein may be manufactured and used by or for the Government of the United States of America for governmental purposes without payment of any royalties thereon or therefor.

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

The present invention pertains to irrigation systems used for agricultural purposes, more particularly to irrigation systems that supply water to large areas, and most particularly to irrigation systems for agricultural purposes that can supply water to large areas of turf or row crops.

2. Description of the Related Art

Conventional irrigation systems include sprinklers, drip systems, flood irrigation, and french drains. In applying water to areas, the first three methods have very high water losses due to evaporation. This is not only costly, but in certain physical locations extra water may not be available for irrigation purposes. French drains can only provide water to point or line locations. Therefore, such a system cannot be used for broad areas.

Due to the problems associated with these conventional systems, specialized irrigation or watering systems have been developed for specific purposes. U.S. Pat. Nos. 4,140, 421 and 4,117,685 describe underground pipe systems that require digging trenches in order to install the systems.

U.S. Pat. No. 4,001,968 describes an irrigation system for growing plants in hothouses having a sheet with one side being silica sand having a impermeable sheet with holes in it placed above the silica sand sheet placed within a pallet as used in hothouses. Water tubes are placed under the impermeable sheet and over the silica sand sheet. It is stated that the silica sand coating should not be of multiple grain thickness.

U.S. Pat. No. 4,257,191 describes using a layer of aluminum silicate above plastic foil. A pipe to distribute water is provided within the aluminum silicate layer. Above the aluminum silicate layer is a layer containing a mixture of aluminum silicate and soil. Above the mixed layer is a layer of fertile soil. The invention appears to be designed to work in planter pots or the like to grow potted plants.

U.S. Pat. No. 4,832,526 describes an underground watering system for an athletic facility having shallow, rounded trenches with a water pipe placed in the rounded bottom of the trenches. The trenches are filled with fine stone aggregate and covered with a water permeable fabric. A course layer of relatively coarse aggregate is placed over the fabric and another layer of relatively fine aggregate is placed over the course layer. The athletic playing surface is over the fine aggregate layer.

U.S. Pat. No. 4,878,780 describes a watertight membrane having a ballast layer of uniform rock covered by a water permeable layer. The permeable layer is covered by a layer of crushed volcanic rock or cinders. This layer, in turn, is covered by a finish layer. Water is inserted into the ballast layer. This system is dependent upon capillary action.

U.S. Pat. No. 5,006,013 describes built-up granular structure having a fine aggregate surface layer, a coarse aggregate reservoir layer with a topmost application of perforated adhesive material, and a dry moisture barrier layer having a topmost impervious layer. A containment wall having screened drainage surrounds the periphery of the structure to provide water.

U.S. Pat. No. 5,765,305 describes growing a transportable sod mat with grass seeds in a thin layer of growing medium spread over a mat of non-woven polypropylene laying on an impermeable membrane. After the seeds have germinated, the mat and growing medium is transplanted over a layer of porous material covering a conditioned subsoil. Drop irrigation lines are run through the upper region of the porous material.

U.S. Pat. No. 5,938,372 describes a subsurface irrigation system having a water resistant material with a pipe system placed upon it. Multiple diffusers are placed upon the pipe system having any overlaying material placed over each diffuser. Course sand may be placed over the overlaying material.

Finally, U.S. Pat. No. 6,178,691 describes a carpet irrigation system of four layers consisting of a water impermeable membrane base, a water permeable microperforated dark coloured top membrane having two water bearing capillary mats placed between the two membranes to which water are supplied through conventional irrigation.

As can be seen by the above, there have been many configurations of watering means developed for specialized purposes. However, there are inherent problems associated with all of the above systems. First, the majority of the systems must either be buried in trenches or can only be used in a pot or pallet. Therefore, if one desires to provide a simple, economical, irrigation system to a large surface area, the above systems cannot be employed or are very costly. Second, many of the above systems employ expensive or exotic materials in multiple layers such as fine stone aggregate, aluminum silicate, and specially perforated membranes. The complexity of manufacturing these systems along with the costly materials make them uneconomical for large area systems. Finally, most of these systems were designed for specialized purposes and cannot be employed for varying types of agricultural purposes. Therefore, it is desired to provide an economical system, that is easily installed, and may be used for a variety of agricultural purposes over large areas.

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention comprises an irrigation system that is economical and easily installed so that it may be applied to water a variety of agricultural products that cover large areas. Unlike current irrigation systems, the invention requires no trench or holes to be dug in order to accomplish installation. This greatly reduces both cost and installation time. Also, the system is made using relatively low-cost, easily obtained materials. Finally, the system contains a minimum of layers and parts so as to further reduce cost and simplify installation.

Accordingly, it is an object of this invention to provide a system to irrigate agricultural products over large areas.

It is a further object of this invention to provide a system to irrigate agricultural products over large areas that is more economical than current systems.

It is a further object of this invention to provide a system to irrigate agricultural products over large areas that can be used for a variety of different agricultural products.

A still further object of this invention is to provide a system to irrigate agricultural products over large areas that is more easily installed than current systems.

This invention accomplishes these objectives and other needs related to irrigation of agricultural products covering large areas by providing an irrigation system comprising top

and bottom layers of geosynthetic material having a layer of non-cohesive, porous material between the two layers. The top geosynthetic layer comprises a permeable geosynthetic material. The bottom geosynthetic layer comprises a geosynthetic material that has a permeability equal to or less than the permeability of the top geosynthetic layer. The same geosynthetic material may be used for both layers. The non-cohesive, porous material preferably will be an easily obtained and to low-cost material such as sand, gravel, or a combination thereof. A water distribution system is placed between the geosynthetic layers with the non-cohesive, porous material in order to supply water to the non-cohesive porous material. The entire system can be placed on the specific area to be irrigated, without digging a hole or trench, and the agricultural products can be placed directly on the irrigation system, along with a layer of top soil, dependent upon the type of agricultural product.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The accompanying drawings, which are incorporated in and constitute a part of the specification, illustrate embodiments of the invention, and, together with the description, serve to explain the principles of the invention.

FIG. 1 is a cut-away side view of an embodiment of the composite material of the present invention.

FIG. 2 is a transparent view of the embodiment of the invention of FIG. 1 including the water distribution system.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

The invention, as embodied herein, comprises an economical, easily installed irrigation system useable for a wide variety of agricultural products over large areas. The system is designed to provide irrigation to an area without the necessity of digging trenches or holes in order to install the system. A sheet construction method is used to install the system on top of large areas of land to be irrigated. Almost any type of agricultural product can then be placed atop the system, making it extremely simple and economical to install.

The materials used in the system are also very easily obtained and low-cost. As used herein, the term geosynthetic refers to a man-made material, preferably made of rubber or plastic, that is used to improve the properties of soil. These materials are typically manufactured in sheet form. The term geomembrane refers to geosynthetic materials that are preferably thin sheets of rubber or plastic and may function as a liquid or vapor barrier. The term geotextile refers to a geosynthetic material made of woven or non-woven synthetic fibers that is porous to liquid flow, both across and within the plane of the material. These terms are further described in chapter one of the reference book *Designing With Geosynthetics* by Robert M. Koerner, published by Prentice Hall, 1990, which is hereby incorporated by reference.

The system incorporates two layers of geosynthetic material having both a non-cohesive, porous material and a water distribution system between the layers of geosynthetic materials. As further described below, the geosynthetic materials are relatively low-cost, off-the-shelf type items, a large variety of low-cost water distribution systems can be used and are also readily available. The non-cohesive, porous material can be selected to be very low-cost, easily obtained materials such as sand or gravel. Due to the simplicity of installation of the present invention along with the low-cost of the materials useable within the system, the present

invention may provide irrigation to large areas at significantly lower cost than current commercial irrigation systems.

FIG. 1 shows a cut-away of one simple embodiment of the invention. An upper layer 100 comprises a geosynthetic material that is water permeable. The upper layer 100 covers a layer of non-cohesive, porous material 102. A lower layer 104 comprises a geosynthetic material that comprises a permeability equal to or less than that of the upper layer 100. A water distribution system 106 is also placed between the upper layer 100 and lower layer 104 and is connected to a water source (see FIG. 2). A layer of soil 109 may be placed on top of the upper layer 100 and contain the agricultural product 111 to be irrigated. The depth of the layer of soil 109 would be dependent upon the agricultural product being grown and can range from almost no soil to almost a foot of soil.

FIG. 2 shows a transparent view of a simplified version of the invention as it may be used in the field. A water source 108 is connected to a water distribution system 106 that is made up of a water line 110 having a plurality of emitters 112 extending from the water line 110. This water distribution system 106 is placed upon the lower layer 104 of geosynthetic material along with the non-cohesive, porous material 102. The lower layer 104 of geosynthetic material rests on the ground 120 covering the area requiring irrigation. Therefore, no trench or hole needs to be dug in order to install the system. Both the water distribution system 106 and the non-cohesive, porous material are covered by the upper layer 100 of geosynthetic material. The upper layer periphery 114 and the lower layer periphery 116 may be connected, using a method chosen by one skilled in the art, in order to keep the non-cohesive, porous material 102 in place and assist in preventing water runoff. The system may also include a berm (not shown) around the area to be irrigated in order to further ensure that water runoff is minimized. The size of the berm is dependent upon the size of the area being irrigated, the type of the agricultural product being grown, and, therefore, may be selected by one skilled in the art. When the water source 108 is turned on, it provides water, through the water distribution system 106, to saturate the non-cohesive, porous material 102.

The upper layer 100 and lower layer 104 geosynthetic materials may be selected by one skilled in the art. A preferred upper layer 100 material comprises a geotextile. Some examples of preferred geotextiles include a 4 ounce per square yard, non-woven geotextile; a 6.5 ounce per square yard, non-woven geotextile; a die-punched geotextile; an 18 mil thickness, needle punch geotextile; and a 22 mil thickness, needle punch geotextile. Preferred lower layer 104 materials include geotextiles or geomembranes. In one embodiment of the invention, the lower layer 104 material may be the same as the upper layer 100 material. In other embodiments of the invention, the lower layer 104 material may comprise a 30 mil high density polyethylene geomembrane or a 40 mil high density polyethylene geomembrane that are less permeable than the preferred geotextiles used for the upper layer 100 noted above.

The non-cohesive, porous material 102 may also be selected by one skilled in the art as long as it may transport or distribute the water provided by the water distribution system 106 and make said water available to the agricultural products above the irrigation system. Preferred non-cohesive, porous materials include sand, gravel, or a combination thereof due to the low cost and easy access to such materials. The thickness of the non-cohesive, porous material 102 may vary and can be chosen by one skilled in the art

depending upon the agricultural product being irrigated. One preferred thickness range of the non-cohesive material is from about ¼ inch to about 2 inches.

Any water distribution system **106** may be used in the present invention as long as it transmits water in a manner that evenly wets the non-cohesive, porous material **102** throughout the area requiring irrigation. Many such systems are used in the art including drip pipes, perforated pipes, and pipes connected to diffusers. One preferred configuration of the water distribution system is provided in FIG. 2 and described above. Depending upon the area requiring irrigation, several of these water pipe **110**/emitter **112** configurations may be placed side by side in order to transmit water more evenly over the entire area being irrigated. Any type of piping may be employed. Preferred piping includes plastic, low-cost pipe. One preferred size and configuration of the water distribution system **106** is the use of ¾ inch polyethylene water pipe **110** and 1.0 gph emitters **112** spaced 12 inches on alternating sides of the water pipe **110**.

Any water source **108** may be used in the present invention that may be regulated to provide certain amounts of water during certain time periods. One example is a direct water flow connected to a headwork featuring a 150-mesh screen filter, pressure gauge, flow meter, and control valve. A battery powered single station irrigation controller may be used in conjunction with this headwork to control the irrigation.

The invention also includes a method of irrigating an area for agricultural purposes using the elements of the above disclosed invention. The general steps of the method are as follows.

1. Laying the bottom layer **104** of geosynthetic material over the area;
2. Placing the water distribution system **106** on the bottom layer **104** of geosynthetic material;
3. Placing the layer of non-cohesive, porous material **102** onto the bottom layer **104** of geosynthetic material;
4. Placing the upper layer **100** of geosynthetic material over the layer of non-cohesive, porous material **102**;
5. Connecting peripheries **114** of the upper and bottom layers **100**, **104** of the geosynthetic materials;
6. Placing a layer of soil **109** over the upper layer **100** of geosynthetic material;
7. Placing an agricultural product **111** in the soil **109**; and,
8. Providing water through the water distribution system.

More preferred embodiments of the method can be practiced using the added and preferred elements of the invention discussed above.

The following describes an example of the installation procedures for an embodiment of the present invention.

EXAMPLE 1

The below describes construction of an embodiment of the system for a 30 foot by 30 foot turf plot.

Place a 30 ft wide by 30 ft long piece of 4.5 oz non-woven geotextile on the ground. Lay a grid of water lines on the geotextile (¾" polyethylene pipe), evenly spaced as follows. Place a feeder line about 6 inches in from the one edge of the geotextile along the entire edge of the geotextile. Connect a water supply line to the feeder line. Connect 10 longitudinal water lines (¾" polyethylene pipe) at about 3-foot centers to the feeder line. Place the longitudinal lines next to the edge of the geotextile 1½-feet in from the edge. Terminate the longitudinal water lines by connecting to a drain line (¾" polyethylene pipe). The drain line runs along the opposite

edge of the feeder line. Install a drain outlet to one end of the drain line. When the feeder line, longitudinal lines and drain line are connected properly, all the lines are interconnected so that water pressure is fairly evenly distributed throughout the system. Connect ¼" diameter, 12 inch long distribution tubes, to the longitudinal lines in a staggered pattern 18 inches apart. Connect the tubes so that they are on opposite sides of the longitudinal water lines every 18-inches. In addition, the tubes should be placed such that they are between tubes from adjacent longitudinal water lines, and not coincident with them. Along the edges of the geotextile, the ¼" distribution tubes are 6 inches long. Connect 1 gallon per hour emitters to the end of each ¼" distribution tube. Test the system by turning on the water to the system. Make sure all of the emitters are working. Cover the geotextile bottom and piping with about 1½" of sand. Test the system again. Ensure that all of the sand is getting wet. Place another layer of 4.5 oz non-woven geotextile on top of the sand. Use hot-glue to connect all four edges of the bottom and top geotextile layers. Test the system again. Make sure that all of the top layer is getting wet. The system is ready to be covered with sod or topsoil.

EXAMPLE 2

The below describes construction of an embodiment of the invention for a 200 foot long by 6 inch wide row crop.

Lay a 200 foot long by 12 inch wide section of 4.5 oz non-woven geotextile. Connect input pipe (¾" polyethylene pipe) to water source. Connect a single 200 foot long longitudinal line (¾" polyethylene pipe) to the input pipe. Place this pipe about 3 inches from one edge of the geotextile. Install a drain at the end of longitudinal line opposite the input pipe. Connect 1 gallon per hour emitters directly to the longitudinal line at 12 inch centers, staggering the pattern on each side of the longitudinal line. Test the system by turning on the water to the system. Make sure all of the emitters are working. Cover one-half of the geotextile bottom and piping with about 1½" of sand. Test the system again. Make sure that all of the sand is getting wet. Fold the other one-half of the geotextile over, then glue the edges together with a hot glue gun. Test the system again. Ensure that all of the top layer is getting wet. The system is ready to be covered with topsoil and/or row crops.

What is described are specific examples of many possible variations on the same invention and are not intended in a limiting sense. The claimed invention can be practiced using other variations not specifically described above.

What is claimed is:

1. A system to irrigate an area for agricultural purposes, comprising:
 - a upper layer of a permeable geosynthetic material, comprising a geotextile porous to liquid flow across a plane of the geotextile and within the plane of the geotextile, having a first permeability;
 - a lower layer of geosynthetic material having a permeability equal to or less than the first permeability;
 - a non-cohesive, porous material between the upper and lower layer; and,
 - a water distribution system, connected to a water source, between the upper and lower layer that distributes water to the non-cohesive, porous material wherein the system may be placed on the area and covered with agricultural products to be irrigated.
2. The system of claim 1, further comprising a layer of soil on the upper layer, having the agricultural products therein.
3. The system of claim 2, wherein the non-cohesive, porous material comprises sand, gravel or a combination thereof.

4. The system of claim 3, wherein the lower layer comprises a geotextile material or a geomembrane material.

5. The system of claim 4, wherein the water distribution system comprises a plurality of tubes having a plurality of plastic fittings that release water at a specified rate.

6. The system of claim 5, wherein the non-cohesive, porous material comprises a thickness from about one-quarter inch to about two inches.

7. The system of claim 6, wherein the upper layer is selected from a non-woven geotextile having a weight from about 4 ounces per square yard to about 6.5 ounces per square yard, a needle punch geotextile having a thickness of from about 18 mils to about 22 mil, or a die-punched geotextile.

8. The system of claim 7, wherein the bottom layer comprises a high density polyethylene geomembrane.

9. The system of claim 7, wherein the bottom layer is selected from a non-woven geotextile having a weight from about 4 ounces per square yard to about 6.5 ounces per square yard, a needle punch geotextile having a thickness of from about 18 mils to about 22 mils, or a die-punched geotextile.

10. The system of claim 2, wherein the upper layer further comprises a first periphery and the lower layer further comprises a second periphery wherein the first and second peripheries are connected.

11. A method of irrigating an area for agricultural purposes, comprising the steps of:

laying a geosynthetic material, having a first permeability, over the area; placing a plurality of tubes, connected to a water source, having a plurality of plastic fittings that release water at a specified rate on the geosynthetic material;

placing a layer of non-cohesive, porous material onto the geosynthetic material;

placing a layer of a permeable geosynthetic material, comprising a geotextile porous to liquid flow across a plane of the geotextile and within the plane of the geotextile, having a permeability equal to or greater than the first permeability, over the layer of non-cohesive, porous material;

connecting peripheries of the layers of the geosynthetic materials;

placing a layer of top soil over the permeable geosynthetic material;

placing an agricultural product in the top soil; and, providing water, from the water source, to the plurality of tubes.

12. The method of claim 11, wherein the geosynthetic material comprises a geotextile or a geomembrane.

13. The method of claim 12, wherein the non-cohesive, porous material comprises a thickness from about one-quarter inch to about two inches.

14. The method of claim 13, wherein the permeable geosynthetic material is selected from a non-woven geotextile having a weight from about 4 ounces per square yard to about 6.5 ounces per square yard, a needle punch geotextile having a thickness of from about 18 milliliters to about 22 milliliters, or a die-punched geotextile.

15. The method of claim 14, wherein the geosynthetic material is selected from a non-woven geotextile having a weight from about 4 ounces per square yard to about 6.5 ounces per square yard, a needle punch geotextile having a thickness of from about 18 milliliters to about 22 milliliters, a die-punched geotextile, or a high density polyethylene geomembrane.

16. A system to irrigate an area for agricultural purposes, consisting essentially of:

an upper layer of a permeable geosynthetic material, comprising a geotextile porous to liquid flow across a plane of the geotextile and within the plane of the geotextile, having a first permeability;

a lower layer of geosynthetic material having a permeability equal to or less than the first permeability;

a non-cohesive, porous material between the upper and lower layer; and,

a water distribution system between the upper and lower layer that supplies water to the non-cohesive, porous material wherein the system may be placed on the area and covered with agricultural products to be irrigated.

* * * * *

PATENTE N° 3

TEXTILE IRRIGATION MAT



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 18 643 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
A 01 G 25/06
D 06 N 7/00
D 04 H 1/46
B 32 B 5/12

②① Aktenzeichen: 101 18 643.6
②② Anmeldetag: 14. 4. 2001
④③ Offenlegungstag: 24. 10. 2002

DE 101 18 643 A 1

⑦① **Anmelder:**

Sächsisches Textilforschungsinstitut eV, 09125
Chemnitz, DE

⑦② **Erfinder:**

Arnold, Rolf, 01257 Dresden, DE; Hufnagl, Evelin,
01796 Pirna, DE; Helbig, Reinhard, 09353
Oberlungwitz, DE; Scholz, Manfred, 09131
Chemnitz, DE; Müller, Peter, 09430 Drebach, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

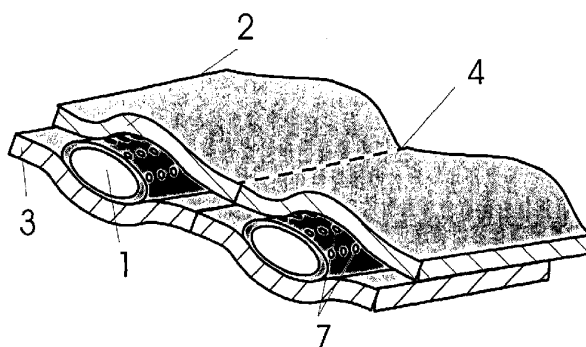
DE	40 37 396 C2
DE	25 01 543 B2
DE	199 33 554 A1
DE	197 49 673 A1
DE	29 08 615 A1
DE	20 19 423 A
DE 69	514 36 5T2
DD	2 03 215
US	59 38 372 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Textile Bewässerungsmatte**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine textile Bewässerungsmatte zur flächigen Verteilung von Wasser im unterirdischen Bereich, bestehend aus wasserleitfähigen Vliesbahnen mit eingearbeiteten perforierten Bewässerungsschläuchen, die zwischen den Vliesstoffbahnen im Abstand zueinander angeordnet und die Vliesstoffbahnen zwischen den Bewässerungsschläuchen durch nahtartige Verbindungen so miteinander verbunden sind, daß die Bewässerungsschläuche straff umhüllt sind. Zwischen den Bewässerungsschläuchen können zusätzlich Füllstreifen angeordnet sein, die mit den Textilbahnen verbunden sind. Mit dieser Bewässerungsmatte ist der Aufbau eines großflächigen interirdischen Versorgungssystems zur kontinuierlichen Bewässerung von Pflanzenkulturen mit optimaler Pflanzenversorgung und problemloser Anpassung an das Gelände mit minimalen Aufwand und Kosten möglich.



DE 101 18 643 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine textile Bewässerungsmatte zur flächigen Verteilung von Wasser, insbesondere im unterirdischen Bereich. Anwendungsgebiete sind der Garten- und Landschaftsbau.

[0002] In Gebieten mit hoher Sonneneinstrahlung und geringen Niederschlägen ist eine künstliche Bewässerung zwingend erforderlich. Zu diesem Zweck werden verschiedene Varianten von Bewässerungsschläuchen über viele Kilometer in weit verzweigten Systemen verlegt. Insbesondere in Parkanlagen ergibt sich hierdurch eine Beeinträchtigung der Optik. Häufig werden Tropfschläuche eingesetzt, die eine lokal differenzierte Ausbringung des Wassers ermöglichen, wodurch im Vergleich zum Einsatz von Sprenganlagen die Wasserverluste durch Verdunstung reduziert werden.

[0003] Aus dem Bereich des Gartenbaus sind verschiedene Bewässerungsvorrichtungen bekannt, die speziell für den Einsatz im Gewächshausbereich ausgelegt sind, eine sehr genaue Dosierung ermöglichen und hierdurch einen relativ komplizierten Aufbau besitzen. So wird in der DE 20 19 423 eine Bewässerungsvorrichtung für Pflanzen in Töpfen oder anderen Gefäßen beschrieben, die eine spezielle Druckkompensation besitzt, um einen gleichmäßigen Wasseraustritt auch auf unebenen Flächen zu ermöglichen.

[0004] In der DE 25 01 543 wird eine Bewässerungseinrichtung für Pflanzenzuchtbetriebe vorgeschlagen, bei der haarfeine flexible Verteilerschläuche bündelartig angeschlossen sind und die einzelnen Pflanzen mit Wasser versorgen. Eine flächige Bewässerung ist mit diesem System nicht möglich.

[0005] Eine Vorrichtung für die Nährfilmtechnik im Pflanzenbau wird in der DD 203 215 beschrieben. Die Vorrichtung besteht aus einer flexiblen Rinne, die mit Schaumstoffolie für den Transport der Nährlösung ausgelegt ist. Dieses Prinzip kann ebenfalls nicht für eine großflächige Freilandbewässerung eingesetzt werden.

[0006] Auch die in der DE 20 19 423 vorgeschlagenen Decke zur selbständigen Bewässerung von Pflanzen, die Topfpflanzen sehr gleichmäßig mit Wasser versorgen kann, ist für flächige Bewässerungen im Freiland durch ihre relativ komplizierte Konstruktion nicht geeignet. Die DE 29 08 615 beschreibt eine Vorrichtung zur Wasserkultur Anzucht von Pflanzen, die aus faserigen Kapillarmaterial besteht, das in Längsrichtung in die Wand einer Flüssigkeitszuführungsröhre eingesetzt ist. Die Herstellung dieser Vorrichtung erfordert einen hohen konstruktiven Aufwand.

[0007] Weiterhin ist aus der DE 197 49 673 ein unterirdisches Bewässerungssystem für Friedhofsanlagen bekannt, welches einen Behälter mit einer Schicht Granulat als Füllmaterial und einer Schicht Erde beinhaltet, der mit Wasser aufgefüllt wird. Für die Erhöhung der Wasserspeicherung ist das Füllmaterial in eine Vliesummantelung aus Kunststofffasern eingebettet. Zusätzlich sind unter dem Füllmaterial eine Vlieschicht bzw. auf dem Füllmaterial ein Vliesgewebe gelegt. Dieses System ist wegen der sehr aufwendigen Konstruktion nur für kleine Bewässerungsflächen, wie beispielsweise Grabstellen, einsetzbar.

[0008] Ein unterirdisches Versorgungssystem zur großflächigen Bewässerung von Pflanzenkulturen ist aus der DE 199 33 554 bekannt, bei dem in der zu bewässernden Agrarfläche elastische Schläuche, die mit ventilartig wirkenden Austrittsöffnungen versehen sind, unter der Erde verlegt und an ein Wasserleitungssystem angeschlossen sind. Damit werden die oberhalb und unterhalb der Schläuche angrenzenden Erdzonen ständig mit Wasser in mengenmäßiger Dosierung feucht gehalten. Dazu sind die einzelnen

Schläuche in Abständen von etwa 60–70 cm in der Bodentiefe von etwa 30–60 cm angeordnet und beidseitig an Kammrohre angeschlossen, die ebenfalls im Boden verlegt und mit Wasser gespeist werden. Die Anordnung der Bewässerungsschläuche ist bei diesem Versorgungssystem für einen großflächigen Einsatz sehr Zeit- und kostenaufwendig.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine kostengünstige Bewässerungsanlage für einen großflächigen Einsatz, vorzugsweise unterirdisch im Grünflächenbereich bereitzustellen, die eine einfachere und schnellere Verlegung ohne zusätzliche Rohrsysteme gewährleistet und zugleich die Möglichkeit der Anpassung an örtlich unterschiedliche Untergrundverhältnisse erreicht werden kann.

[0010] Gelöst wird die Aufgabe durch die im Anspruch 1 aufgezeigten Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

[0011] Die erfindungsgemäße textile Bewässerungsmatte ermöglicht den Aufbau eines unterirdischen Versorgungssystems zur großflächigen Bewässerung von Pflanzenkulturen, das kostengünstig hergestellt, universell auf allen Böden eine kontinuierliche Bewässerung über längere Zeiträume und zu allen Tageszeiten kostengünstig betrieben werden kann und gleichzeitig eine optimale Pflanzenversorgung gewährleistet. Die Verlegung der Bewässerungsmatte kann abhängig vom Einsatz der Schläuche in bestimmter Stärke, Länge und der entsprechenden Anzahl Wasseraustrittsöffnungen in den Schläuchen bestimmt werden. Im Gegensatz zu oberirdischen Bewässerungssystemen kann so gut wie kein Wasser in die Atmosphäre verdunsten und andererseits wird unnötiger Wasserverlust durch Versickern vermieden.

[0012] Ein weiterer wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Bewässerungsmatte ist in ihrer großflächigen und dabei leichten Konstruktion in niedriger Höhe zu sehen. Die konstruktiven Abmessungen ermöglichen eine Vorfertigung der Bewässerungsmatte auch in großflächigen Abmessungen und den problemlosen Transport zum Einsatzort. Des weiteren ist eine schnelle und risikolose Verlegung mit geringem personellen und maschinellen Aufwand durch minimalen Erdaushub am Einsatzort infolge des niedrigen Gewichtes auch bei großen Abmessungen gewährleistet. Durch eine ausreichende Flexibilität der Matte ist die problemlose Anpassung an das Gelände möglich.

[0013] Die Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung an Hand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen

[0014] **Fig. 1** einen Ausschnitt der Bewässerungsmatte in perspektivischer Darstellung,

[0015] **Fig. 2** die Bewässerungsmatte mit Rundschräuchen und zusätzlichen Füllstreifen,

[0016] **Fig. 3** den Querschnitt einer Bewässerungsmatte mit eingearbeiteten Flachschräuchen.

[0017] Wie in der **Fig. 1** dargestellt, beinhaltet die erfindungsgemäße Lösung eine textile Bewässerungsmatte, bei der zwischen den zwei wasserleitfähigen Textilbahnen, vorzugsweise Vliesstoffbahnen **2, 3** im Abstand Bewässerungsschläuche **1** mit Wasseraustrittsöffnungen **7** eingebettet sind, wobei die als Unterbahn fungierende Vliesstoffbahn **3** eine wasserundurchlässige Außenseite besitzt. Es werden Vliesstoffbahnen **2, 3** aus vorzugsweise synthetischem oder anderen schwer verrottbarem Fasermaterial mit hohem Wasserspeichervermögen eingesetzt. Die Vliesstoffbahnen **2, 3** können dabei gleiche oder unterschiedliche Faser- und/oder Querschnittsstrukturen aufweisen. Für die Bewässerungsschläuche **1** können Rund- oder Flachschräuche (**Fig. 3**) verwendet werden. Die Vliesstoffbahnen **2, 3** sind in den Bereichen zwischen den Bewässerungsschläuchen **1** durch nahartige Verbindungen **4** nach dem Nähwirkverfahren, durch

Vernadeln, Kleben oder anderen Verbindungsverfahren so verbunden, daß die Bewässerungsschläuche **1** straff umhüllt sind und ein Verrutschen der Bewässerungsschläuche **1** vermieden wird. Durch die hierdurch entstehenden Druckverluste können Bewässerungsschläuche **1** mit relativ großen Wasseraustrittsöffnungen **7** eingesetzt werden, so daß die Verstopfungsgefahr der Schläuche **1** reduziert werden kann. Besonders günstig ist der Einsatz von linienförmigen Bewässerungselementen **5** nach DE 40 37 396, da hierdurch eine besonders gute Wasserverteilung und -speicherung erzielt werden kann.

[0018] Beim Einsatz großer Mattenflächen bzw. Schlauchlängen ist es vorteilhaft, druckkompensierte Bewässerungsschläuche **1** zu verwenden. Bei der Verarbeitung von Rundschräuchen mit größerem Durchmesser können für die Herstellung einer ebenen Oberfläche der Matte zusätzliche Füllstreifen **6** zwischen die Bewässerungsschläuche **1** angeordnet werden, die mit den Vliesstoffbahnen **2**, **3** verbunden sind (**Fig. 2**). Die Füllstreifen **6** können aus Vliesstoffstreifen mit der gleichen Struktur wie die Vliesstoffbahnen **2** und/oder **3** eingesetzt werden. Als Füllstreifen **6** lassen sich auch unterschiedliche Vliesstoffstreifen, Filzstreifen, textile Fäden oder anderes strangartiges Textilmaterial verwenden.

[0019] Die in den Vliesstoffbahnen **2** und **3** eingebetteten Bewässerungsschläuche **1** können in Längs- und/oder Querrichtung angeordnet werden, wobei auch eine definierte flächenartige Anordnung möglich ist. Es können Bewässerungsschläuche **1** mit unterschiedlichen Durchmesser eingesetzt werden. Ebenso können die Wasseraustrittsöffnungen **7** unterschiedliche Durchmesser bzw. Querschnitte aufweisen. Anzahl und Abstand der Wasseraustrittsöffnungen **7** sind definierbar. Die Anordnung der Wasseraustrittsöffnungen **7** erfolgt vorzugsweise an der unteren Seite der Bewässerungsschläuche **1**. Abhängig vom vorhandenen Erdreich und der zu bewässernden Pflanzen ist auch eine gleichmäßige Verteilung der Wasseraustrittsöffnungen **7** am Umfang der Bewässerungsschläuche **1** möglich. Für die Wasserversorgung lassen sich die Schlauchenden direkt an das Wasserleitungssystem oder andere Wasserversorgungssysteme ohne eine aufwendige Verlegung unterirdischer Rohrleitungssysteme anschließen.

gekennzeichnet dadurch, daß die nahtartige Verbindung (**4**) der Vliesstoffbahnen (**2**, **3**) durch Vernadeln, Nähwirken, Nähen, Kleben, oder dgl. erfolgt.

6. Textile Bewässerungsmatte nach Anspruch 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß zwischen den Bewässerungsschläuchen (**1**) zusätzlich textile Füllstreifen (**6**) angeordnet sind, die mit den Vliesstoffbahnen (**2**, **3**) verbunden sind.

7. Textile Bewässerungsmatte nach Anspruch 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß die Füllstreifen (**6**) beispielsweise aus Vliesstoffstreifen, Fadenmaterial oder anderen strangförmigen Textilmaterial bestehen.

8. Textile Bewässerungsmatte nach Anspruch 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß die Bewässerungsschläuche (**1**) aus Rund- oder Flachschräuchen bestehen, die eine Vielzahl von Wasseraustrittsöffnungen (**7**) aufweisen, deren Abstand und Durchmesser definierbar sind.

9. Textile Bewässerungsmatte nach Anspruch 1 bis 8, gekennzeichnet dadurch, daß die Bewässerungsschläuche (**1**) in Längs- und/oder Querrichtung eingebunden sind.

10. Textile Bewässerungsmatte Nach Anspruch 1 bis 9, gekennzeichnet dadurch, daß die Bewässerungsschläuche (**1**) unterschiedliche Durchmesser aufweisen.

11. Textile Bewässerungsmatte nach Anspruch 1 bis 10, gekennzeichnet dadurch, daß die Bewässerungsschläuche (**1**) mustergerecht angeordnet sind.

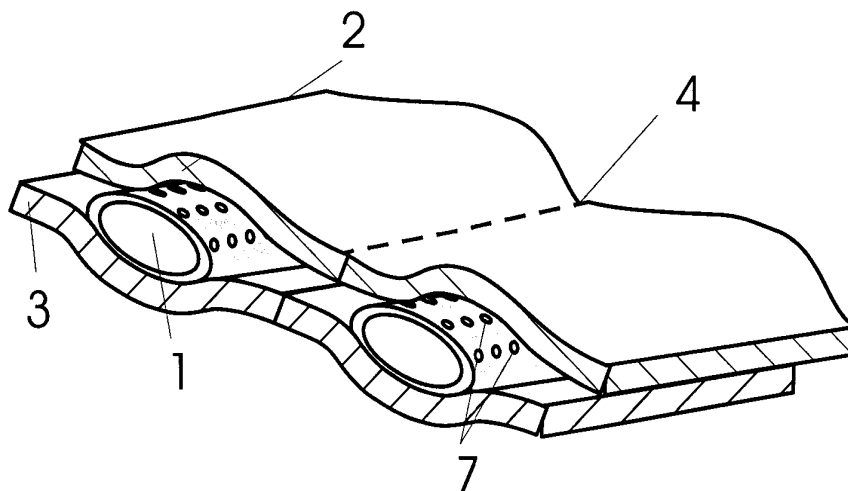
12. Textile Bewässerungsmatte nach den Ansprüchen 1 bis 11, gekennzeichnet dadurch, daß die Bewässerungsschläuche (**1**) linienförmige Bewässerungselemente (**5**) nach DE 40 37 396 sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

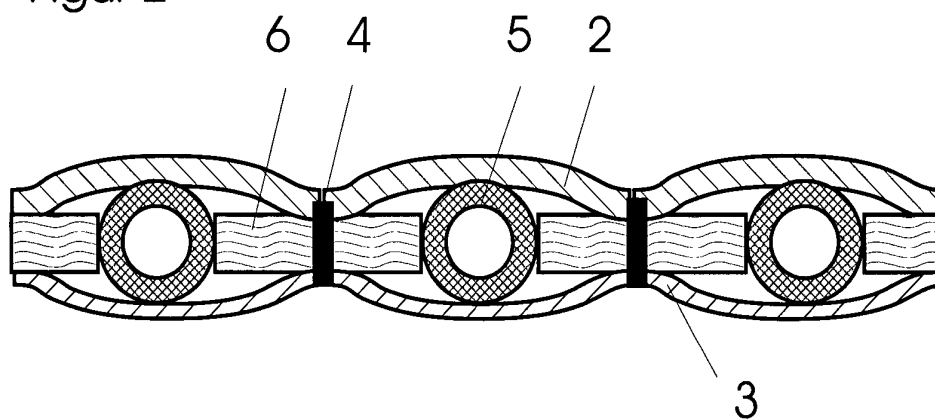
Patentansprüche

1. Textile Bewässerungsmatte zur flächigen Verteilung von Wasser, vorzugsweise im unterirdischen Bereich, bestehend aus wasserleitfähigen Textilbahnen mit eingearbeiteten Schläuchen, **gekennzeichnet dadurch**, daß zwischen zwei Vliesstoffbahnen (**2**, **3**) perforierte Bewässerungsschläuche (**1**) im Abstand zueinander angeordnet sind und die Vliesstoffbahnen (**2**, **3**) zwischen den Bewässerungsschläuchen (**1**) so miteinander verbunden sind, daß die Bewässerungsschläuche (**1**) straff umhüllt sind.
2. Textile Bewässerungsmatte nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß die untere Vliesstoffbahn (**3**) eine wasserundurchlässige Außenseite besitzt.
3. Textile Bewässerungsmatte nach Anspruch 1 bis 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Vliesstoffbahnen (**2**, **3**) aus synthetischem oder anderen schwer verrottbarem Fasermaterial mit hohem Wasserspeichervermögen bestehen.
4. Textile Bewässerungsmatte nach Anspruch 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Vliesstoffbahnen (**2**, **3**) gleiche oder unterschiedliche Faser- und/oder Querschnittstruktur aufweisen.
5. Textile Bewässerungsmatte nach Anspruch 1 bis 4,

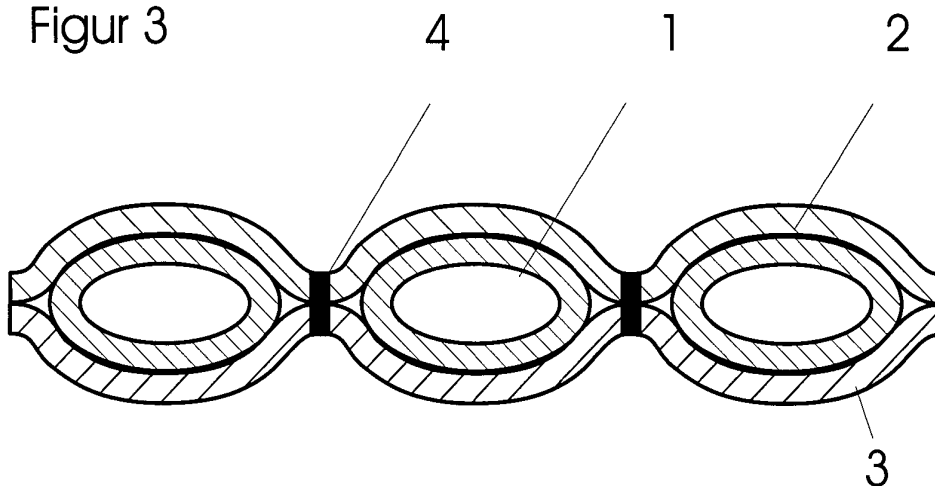
Figur 1



Figur 2



Figur 3



PATENTE N° 4

WATERING MAT FOR THE LARGE-AREA DISTRIBUTION OF
WATER

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
31. März 2016 (31.03.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2016/046264 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
A01G 13/00 (2006.01) A01G 25/06 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/071874
- (22) Internationales Anmeldedatum:
23. September 2015 (23.09.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2014 219 449.0
25. September 2014 (25.09.2014) DE
- (72) Erfinder; und
- (71) Anmelder : HAUB, Christine [DE/DE]; Hochdoberner Weg 38, 65520 Bad Camberg (DE).
- (72) Erfinder: HAUB, Dietmar; Hochdoberner Weg 38, 65520 Bad Camberg (DE). STIENEMANN, Nico; Erikastraße 6, 48599 Gronau (DE).
- (74) Anwalt: MEHLER ACHLER PATENTANWÄLTE; — Bahnhofstr. 67, 65185 Wiesbaden (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

- (54) Title: WATERING MAT FOR SUPPLYING FLUIDS FOR THE ROOT REGION OF PLANTS, AND WATERING SYSTEM
- (54) Bezeichnung : BEWÄSSERUNGSMATTE ZUM BEREITSTELLEN VON FLUIDEN FÜR DEN WURZELBEREICH VON PFLANZEN UND BEWÄSSERUNGSSYSTEM

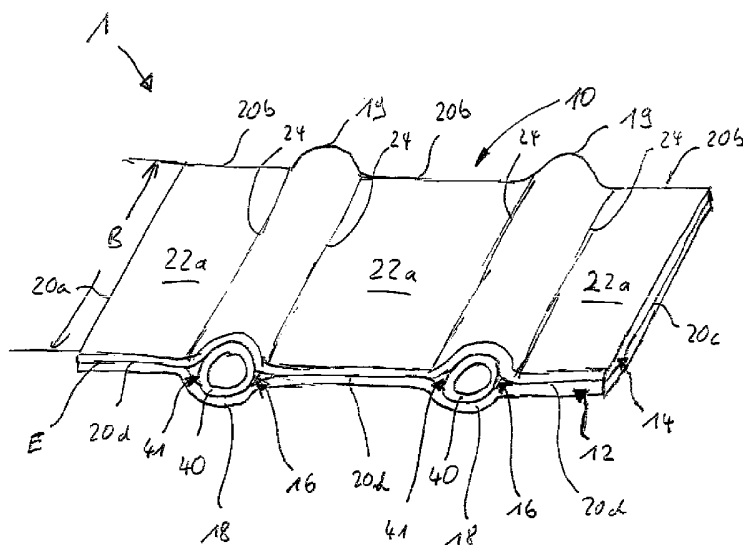


Fig. 1

(57) Abstract: A description is given of a watering mat (10) for supplying fluids for the root region of plants, having at least one lower layer (12) and an upper layer (14), each made from a sheet-like textile structure. At least one tunnel (16) for accommodating at least one pipe (40), which has exit openings (42) for the fluid, is formed between the lower layer (12) and the upper layer (14). The lower layer (12) and the upper layer (14) are connected to one another in a sheet-like manner at least in a region (22a, b, c) outside the tunnel (16). A description is also given of a watering system (1) having such a watering mat (10) and pipes (40).

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Bewässerungsmatte (10) zum Bereitstellen von Fluiden für den Wurzelbereich von Pflanzen mit wenigstens einer unteren Lage (12) und einer oberen Lage (14) jeweils aus einem textilen Flächengebilde beschrieben. Zwischen der unteren Lage (12) und der oberen Lage (14) ist mindestens ein Tunnel (16) zur Aufnahme mindestens eines Rohres

(40) ausgebildet,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



das Austrittsöffnungen (42) für das Fluid aufweist. Die untere Lage (12) und die obere Lage (14) sind mindestens in einem Bereich (22a, b,c) außerhalb der Tunnel (16) flächig miteinander verbunden. Es wird auch ein Bewässerungssystem (1) mit einer solchen Bewässerungsmatte (10) und Rohren (40) beschrieben.

Watering Mat for Supplying Fluids for the Root Region of Plants, and Watering System

Description

The invention relates to a watering mat for supplying fluids for the root region of plants according to the preamble of Claim 1 and to a watering system with such a watering mat.

Watering is understood to mean the supplying of fluids, in particular water and/or nutrient solutions for plants.

For watering plants, water can be applied from above on the soil and the plants. To minimize water loss, the water can be applied by means of spray devices or drip devices close to the individual plants. However, in the process, water is lost, in particular due to evaporation.

This disadvantage can be avoided if watering systems installed in the soil under the plants are used. Such watering systems comprise watering mats, which are provided with watering tubes connected to a water supply device with valves and control devices.

From DE 695 14 365 T2, such a capillary watering system is known, which comprises a watering mat provided with several perforated watering tubes. The watering mat consists of an upper layer of a capillary fabric and of a lower layer of a capillary fabric, between which the watering tubes are arranged. The terms "upper" and "lower" refer to the orientation of the watering mat installed in the soil.

For accommodating the tubes, pockets, which are formed by folding the upper layer, are provided between the two layers of the capillary fabrics. The preformed pockets are dimensioned so that the watering tubes can be inserted into these pockets. The two layers are connected together, for example, by stitching, ultrasound or welding. These are stitch-type connections which have the disadvantage that, for example, the stitching thread can tear and the connecting sites can come apart. The installation of such mats is then clearly more complicated, due to the slipping of the individual layers. Since such mats have margin lengths of 50 m or more, not only does the handling and the installation of the mats become more difficult, but also the tubes can slip sideways and assume

positions other than the intended ones. A uniform water distribution in the watering mat is no longer possible in this case.

Such stitch-type connections between two layers are known from DE 10 2007 036 018 A1, which discloses a watering mat for large-area distribution of water, wherein means for detecting the degree of moisture in the watering mat are provided. In addition, between the upper and the lower layers of the watering mat, an absorbing layer in the form of an absorbing fiber filling is provided.

Another problem consists of the penetration of roots into the outlet openings of the perforated tubes. The root system enters through the layer of the mats from outside in the region of the pocket and it extends, in particular, toward the water outlet openings which as a result can clog and, in the worst case, completely block the outlet of water. A uniform water distribution in the watering mats is compromised as a result.

It is the aim of the invention to provide a watering mat and a watering system, wherein the watering mat should be such that it should be easy to handle, and the watering system should be characterized by a large fluid uptake capacity and rapid and improved distribution of the fluid.

This aim is attained by the features of Claim 1.

The watering mat is characterized in that the upper layer made of a textile fabric and the lower layer made of a textile fabric are connected together flat, preferably over the entire surface, in at least one region outside of the tunnel.

Preferably, at least 20%, in particular at least 50% of the available surface are connected together.

Full-surface connection is understood to mean that at least 90% of the available surface are connected together.

The surface available for the flat connection is formed by the contact surface of lower and upper layers. At the site where the two layers lie on top of one another on the outside of the tunnels, the two layers can be connected together flat.

According to a preferred embodiment, the two layers are needled together.

Needling, also referred to as felting, makes it possible, in a simple manner, to use a flat connection, particularly of nonwoven webs, where special needling devices such as needle boards are used. During the needling, the two layers are perforated together. As

a result of inserting and removing the needles once or repeatedly, the fibers of the adjacent layers interloop, so that the separation line between upper and lower layers is largely eliminated, and the two layers overall form a uniform, largely homogeneous textile fabric.

The manufacturing process by needling has the additional advantage that it is more cost effective than, for example, the stitching of the individual layers for producing stitch-type connections.

Surprisingly, it was found that, due to this needling process, the fluid uptake and fluid distribution properties of the layers, particularly in the case of nonwoven webs, are changed positively. It was possible to observe that layers connected together in this manner ensure a more rapid and more uniform fluid distribution than is case with textile fabrics connected only by stitching.

In comparison with stitch-type connections, a clearly more stable connection between the layers is also achieved by means of the flat needling, so that the handling and installation, particularly of large-area watering mats, are facilitated. Since this connection of the layers does not come undone, the watering tubes between the layers can also not slip, so that a uniform fluid distribution in the watering mat is ensured.

An additional advantage of the flat needling consists in that, for example, no threads, which are used for the stitch-type connection according to the prior art, can come undone and get caught in the cutting tools when the watering mats are cut to size.

Advantageously, a tunnel, in which the watering tube is located, is formed by means of a fold of the lower layer and by means of a fold of the upper layer.

This embodiment has the advantage that, for the production of the watering mat, upper and lower layers of equal size can be used. The production process is facilitated thereby.

With regard to the separation plane between lower and upper layers, the watering mat has a symmetric structure, so that, during the laying, there is no need to pay attention to which layer needs to be located on top and which below, unless, for example, different materials are used for the upper and lower layers. This simplifies the handling.

This symmetric structure of the watering mat also has the advantage that the fluid is distributed more uniformly onto the upper and lower layers.

A textile fabric is understood to mean fluid-permeable textiles such as, for example, woven fabrics, nonwoven fabrics, composite fabrics, geotextiles, geomatrices, or films that have the capacity of distributing the fluid, preferably water, in particular by capillary action.

Preferably, the textile fabric is a nonwoven. A layer of the nonwoven material preferably has a grammage of 100 to 1000 g/m². Preferred grammage ranges are 100 to 300 g/m². A grammage of at least 100 g/m² is needed in order to ensure a stable needling.

Preferably, the textile structure consists of at least one layer made of a polyester, in particular of a polyester nonwoven.

Preferably, at least the lower layer consists of a textile fabric made of polyester, particularly of the polyester nonwoven. Both layers can also be made of this material, which simplifies the production.

The fluid uptake capacity and the fluid distribution properties can be improved further if at least one layer, preferably the lower layer, consists of a hydrophilic or hydrophilized material.

Hydrophilic textile fabrics have the advantage that they can absorb the fluid, particularly water, better and in larger amounts, store it longer, and distribute the fluid in the watering mat better.

Polyester materials such as, for example, the fibers of the polyester nonwovens, are themselves hydrophilic. In order to further improve the properties with regard to fluid uptake and fluid distribution, this material too can be subjected to an additional hydrophilization.

Preferably, the watering mat comprises an absorbing powder for storing the fluid. The absorbing powder increases the storage capacity of the watering mat, without the grammage having to be increased. The absorbing material swells and has the advantage that it does not release fluid even under pressure. Only the roots have the ability to recapture the fluid, in particular the water, from the absorbing powder. The absorbing powder is capable of absorbing many times its own weight in fluid, in particular water.

Preferably, the watering mat comprises a powder made of mycorrhizal fungi. The mycorrhizal fungi supply nutrient salts and water to the plants and themselves receive a

portion of the assimilates generated by the photosynthesis of the plants. Due to this symbiosis, the roots and the plants can be strengthened overall.

It is preferable to introduce the powder, in particular the absorbing powder and the powder made of mycorrhizal fungi, between the lower layer and the upper layer. The powder can be applied by sprinkling onto the lower layer during the production of the watering mat. Due to the flat connection, in particular flat needling of the two layers, the powder can be fixed between the layers.

The powder can also be incorporated in at least one layer. The incorporation of the powder occurs preferably during the production of the textile fabric. In the production of nonwovens, the powder is preferably added to the starting material for the nonwoven production, which has the advantage that the powder is distributed uniformly in the layer, in particular in the nonwoven. When the nonwoven is produced by means of a needling method, the powder is preferably sprinkled into the starting material before the needling.

Preferably, the watering mat contains 5 to 40 g/m² absorbing powder and/or 10 to 50 g/m² powder made of mycorrhizal fungi. In particular, 10 to 30 g/m² absorbing powder, in particular 10 to 20 g/m² absorbing powder are used. With regard to the powder made of mycorrhizal fungi, 20 to 40 g/m² are particularly preferable, in particular 20 to 30 g/m².

Preferably, the powders are incorporated the lower layer. When such powders are sprinkled or incorporated into the layers, it is advantageous if the grammage of the layer in question is at least 300 g/m² to 1000 g/m².

The watering system according to the invention comprises a watering mat as well as at least one tube, which has outlet openings. This tube or these tubes is/are arranged in the tunnels of the watering mat.

A tube is understood to mean not only a rigid tube but also, for example, a hose-like tube. The term tube comprises any lines suitable for conducting a fluid through the tunnels of a watering mat. Such tubes are also referred to as perforated tubes, since, as a rule, they have numerous outlet openings arranged conventionally at defined intervals in the tube.

According to an embodiment, the tube can comprise a drip emitter in the region of at least one outlet opening.

Such drip emitters enable a targeted control of the discharge quantity of the fluid and they are used in watering tubes installed directly in the soil. Such tubes with drip emitters are known from EP 2 248 414 A1, for example. It has been shown that, with tubes that comprise a drip emitter, the fluid can be distributed more uniformly within the watering mat, so that, overall, a better fluid distribution over the entire watering mat is achieved.

Preferably, the drip emitter is provided with a metal component, particularly in the region of the outlet opening, which prevents the penetration of plant roots into the outlet opening of the drip emitter. Due to chemical reactions, the metal component prevents plant roots from penetrating.

Preferably, the metal component consists of copper or of a copper alloy. Not only is copper a nutrient for plants, but it also prevents root growth when copper ions at high concentration come in contact with the roots. The outlet opening is kept free of penetrating roots in a simple manner.

Tubes with drip emitters provided in this manner are indeed known in principle from EP 2 248 414 A1. However, the advantageous use of such tubes in combination with watering mats according to the invention was not recognized. The advantage of this combination of a flat needled water mat and tubes with such drip emitters consists in that additional measures for preventing the penetration of root system into the outlet openings of the tubes, for example, by sheathing the tubes, can be dispensed with. The tunnel volume needed is smaller than in the case of sheathed tubes, so that the watering mat can be rolled up more tightly and the transport volume of the rolled-up watering mat can be kept low.

Preferably, the tube consists of an elastic material. Tubes made of flexible material, particularly of a flexible plastic material, have the advantage that the watering mats provided with these tubes can be rolled up much more tightly, i.e., with a smaller radius of curvature. The transport volume of the rolled-up tubes is considerably reduced thereby.

Such soft tube materials have the advantage that the watering mats provided with the tubes can be cut to size without having to use different cutting tools for the watering mat, on the one hand, and for the tubes, on the other hand.

In order to prevent the penetration of root systems into the outlet openings of the tubes, there is another preferred embodiment, besides the use of a component made of copper.

According to an embodiment, the tube comprises a sheathing made of a textile fabric, in particular of one of the preferred textile fabrics described above. The textile fabric can also consist of a nonwoven. In order to fix the textile fabric on the tube, at least one thread it is wrapped around it, preferably using the looped thread technique, also referred as the Kemafil technique.

The cross section of the tunnel is preferably adjusted to the cross section of the tube in such a manner that the lower layer and the upper layer are at least partially in flat contact with the outer surface of the tube. Preferably, at least 20%, in particular at least 50% of the outer surface of the tube are in contact with the upper and lower layers of the watering mat. The watering mat can also comprise more than one upper layer and/or lower layer respectively.

Exemplary embodiments of the invention are explained in further detail below in reference to the drawings.

They show:

- Figure 1 a watering system with a watering mat having two tubes,
- Figure 2 a top view on an end section of the watering mat shown in Figure 1,
- Figure 3 a perspective representation of a tube with drip emitters,
- Figure 4 a perspective representation of a drip emitter,
- Figure 5 a detail of a view of the end surface of a watering mat according to another embodiment, and
- Figure 6 a perspective representation of a sheathed tube, and
- Figures 7 and 8 two diagrammatic representations of a cross section through a watering mat with powders.

In Figure 1, a watering system 1 having a watering mat 10 and two tubes 40 is represented in a perspective view. The watering mat 10 has a lower layer 12 and an upper layer 14 made of a textile fabric. This textile fabric can consist of a nonwoven, wherein each layer has a grammage of 300 g/m².

When this watering system 1 is installed in the soil, the watering mat 10 is arranged in such a manner that the upper layer 14 faces the plants.

The two layers 12, 14 each have two folds 18 and 19, so that, between the lower layer 12 and the upper layer 14, two straight tunnels 16 are formed, in which the tubes 40 are arranged. The tunnels 16 extend over the entire width B of the watering mat 10. The folds 18, 19 are substantially of equal size, so that the watering mat 10 is of symmetric design with respect to the separation plane E between the layers 12, 14.

When the two layers 12, 14 are identical, i.e., in particular when they consist of the same material, the watering mat 10 can also be installed in such a manner that the lower layer 12 and the upper layer 14 are reversed.

The cross section of the tunnel 16 is adjusted to the cross section of the tubes 40 in such a manner that the lower layer 12 and the upper layer 14, in the area of the folds 18, 19, are in largely flat contact with the outer surface 41 of one of the tubes 40. With decreasing cross section of the tunnel 16, the margin 24 of the folds 18, 19 shifts closer to the tunnel 16, and the region of the watering mat 10 available for the needling becomes larger.

The watering mat 10 has four margins 20a to 20d. Between the margins 24 of the folds 18, 19 and the respective margins 20a to 20d, a total of three regions 20a, b, c are formed, in which the lower and the upper layers 12, 14 are connected together by needling.

In the regions 22a, b, c, the lower layer 12 and the upper layer 14 are needled together over the entire surface, i.e., the entire surface of the regions 22a, b, c was used for the needling. This is also represented in Figure 2, which shows a detail of the end surface of the watering mat 10 of Figure 1. The needled end surface section 30 extends from the margin 20a to the margin 24, wherein the layers 12, 14 diverge from one another to form the tunnel 16.

The entire available surface is needled in the embodiments shown in Figures 1 and 2.

Due to the needling, the fibers of the superposed layers 12, 14 are looped or felted together in such a manner that the separation line between the layers 12, 14 is largely eliminated. This is indicated by the dotted line in Figure 2.

One or both layers 12, 14 can consist of a hydrophilic or hydrophilized material. Preferably, the lower layer 12 is produced from such a material.

Moreover, at least one layer can consist of polyester, in particular of a polyester nonwoven. It is preferable that at least the lower layer 12 consists of a polyester material.

In Figure 3, an embodiment of a tube 40 can be seen in a perspective representation. Within the tube 40, in the region of the outlet openings 42, drip emitters 44 are arranged, which have an outlet opening 48.

In Figure 4, such a drip emitter 44 is represented enlarged and merely schematically. The drip emitter 44 has a metal component 46 made of copper or of a copper alloy in the form of a small cover plate, in which the outlet opening 48 is provided. The copper part can also be arranged in the inner space of the drip emitter 44.

In Figure 5, an additional embodiment of a watering system 1 is represented, in which the tube 40 is provided with a sheathing 50. The sheathing preferably consists of a nonwoven, which is laid around the tube. By means of at least one thread 52, which is wrapped around the sheathing 50 using the looped thread technique (see Figure 6), the sheathing 50 is fixed on the tube 40.

In Figures 7 and 8, two cross-sections of watering mats 10 according to additional embodiments are represented.

As can be seen in Figure 7, an absorbing powder 60 and/or a powder 62 made of mycorrhizal fungi is/are incorporated in the lower layer 12. The quantity of the absorbing powder is preferably 15 g/m². The quantity of the powder made of mycorrhizal fungi is preferably 30 g/m².

In Figure 8, another embodiment is represented, in which the powder 60 and/or 62 has been introduced by sprinkling during the production process of the watering mat 10. The powder is preferably sprinkled onto the lower layer 12 before the upper layer 14 is put on and needled with the lower layer 12. Due to the needling, the powder 60, 62 is distributed largely uniformly in the contact region between the two layers 12, 14.

List of reference numerals

1	Watering system
10	Watering mat
12	Lower layer
14	Upper layer
16	Tunnel
18	Fold of the lower layer
19	Fold of the upper layer
20a, b, c, d	Margin of the watering mat
22a, b, c	Connected region of the layers
24	Margin of the fold
30	Needled end surface section
40	Tube
41	Outer surface of the tube
42	Outlet opening
44	Drip emitter
46	Metal component
48	Outlet opening
50	Sheathing of the tube
52	Thread
60	Absorbing powder
62	Powder made of mycorrhizal fungi
B	Width of the watering mat

E Separation plane

Claims

1. A watering mat (10) for supplying fluids for the root region of plants, having at least one lower layer (12) and an upper layer (14), each made of a textile fabric, wherein at least one tunnel (16) for accommodating at least one tube (40), which has outlet openings (42) for the fluid, is formed between the lower layer (12) and the upper layer (14),

characterized in that

the lower layer (12) and the upper layer (14) are connected together flat in at least one region (22a, b, c) outside of the tunnel (16).

2. The watering mat according to Claim 1, characterized in that the two layers (12, 14) are connected together over the entire surface in the region (22a, b, c) outside of the tunnel (16).

3. The watering mat according to Claim 1 or 2, characterized in that the two layers (12, 14) are needled together.

4. The watering mat according to any one of Claims 1 to 3, characterized in that the tunnel (16) is formed by means of a fold (18) of the lower layer (12) and by means of a fold (19) of the upper layer (14).

5. The watering mat according to any one of Claims 1 to 4, characterized in that the textile fabric is a nonwoven.

6. The watering mat according to any one of Claims 1 to 5, characterized in that the textile fabric consists of at least one layer (12, 14) made of polyester material.

7. The watering mat according to any one of Claims 1 to 6, characterized in that the textile fabric of at least one layer (12) consists of a hydrophilic or hydrophilized material.

8. The watering mat according to any one of Claims 1 to 7, characterized in that the watering mat (10) comprises an absorbing powder (60) for storing the fluid.

9. The watering mat according to any one of Claims 1 to 8, characterized in that the watering mat (10) comprises a powder (62) made of mycorrhizal fungi.

10. The watering mat according to Claim 8 or 9, characterized in that the powder (60, 62) is introduced between the lower layer (12) and the upper layer (14).

11. The watering mat according to any one of Claims 8 to 10, characterized in that the powder (60, 62) is incorporated in at least one layer (12, 14).

12. The watering mat according to any one of Claims 8 to 11, characterized in that it contains 5 to 40 g/m² absorbing powder (60) and/or 10 to 50 g/m² powder (62) made of mycorrhizal fungi.

13. A watering system (1) with a watering mat (10) according to any one of Claims 1 to 12 and having at least one tube (40) which has outlet openings (42).

14. The watering system according to Claim 13, characterized in that the tube (40) comprises a drip emitter (44) in the region of at least one outlet opening (42).

15. The watering system according to Claim 14, characterized in that the drip emitter (44) comprises at least one outlet opening (48) and that a metal component (46), which prevents the penetration of plant roots into the outlet opening (48), is arranged in the region of the outlet opening (48).

16. The watering system according to Claim 15, characterized in that the metal component (46) consists of copper or of a copper alloy.

17. The watering system according to any one of Claims 13 to 16, characterized in that the tube (40) consists of an elastic material.

18. The watering system according to any one of Claims 13 to 17, characterized in that the tube (40) comprises a sheathing (50) made of a textile fabric.

19. The watering system according to Claim 18, characterized in that the sheathing (50) is wrapped with at least one thread (52) using the looped thread technique.

20. The watering system according to any one of Claims 13 to 19, characterized in that the cross section of the tunnel (16) is adjusted to the cross section of the tube (40) in such a manner that the lower layer (12) and the upper layer (14) are at least partially in flat contact with the outer surface (41) of the tube (40).

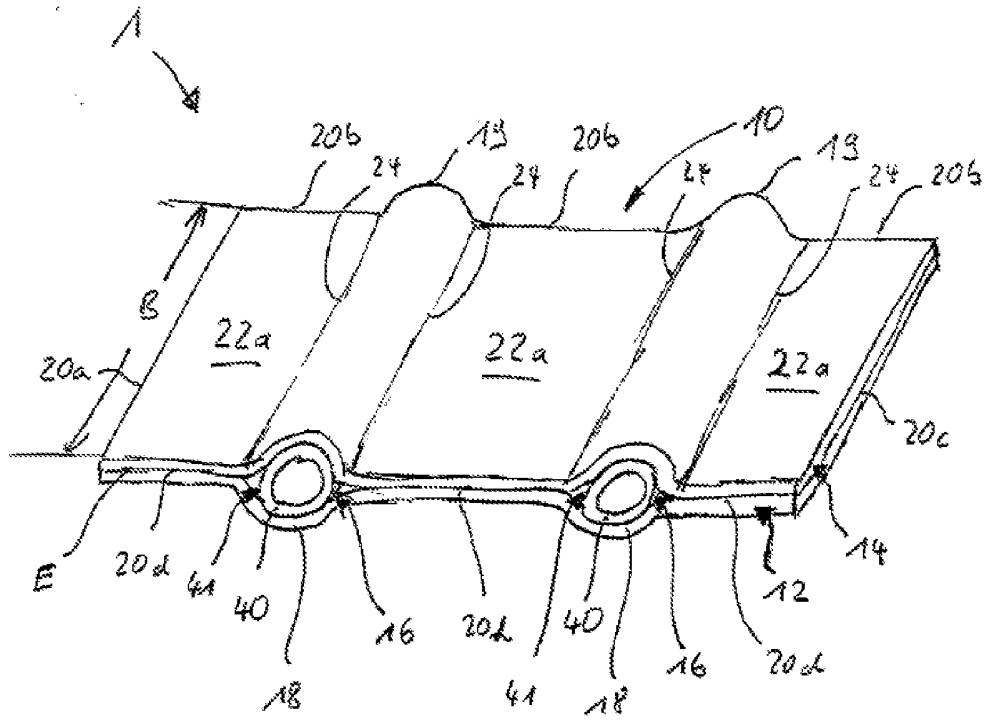


Fig. 1

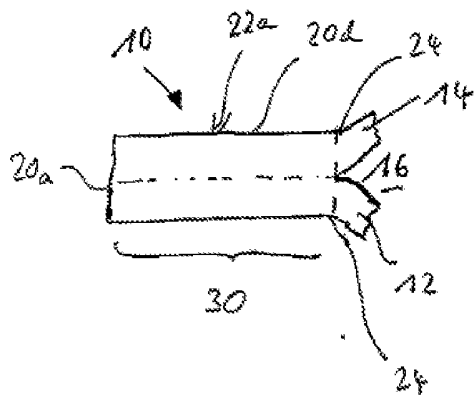
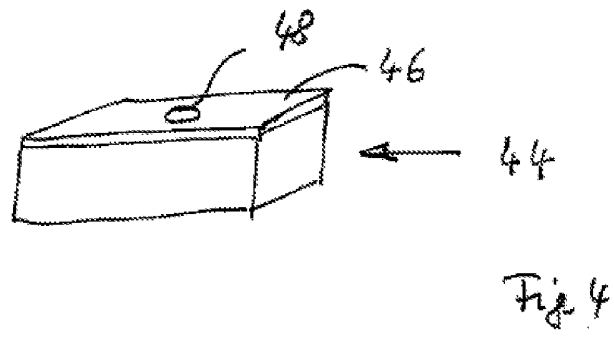
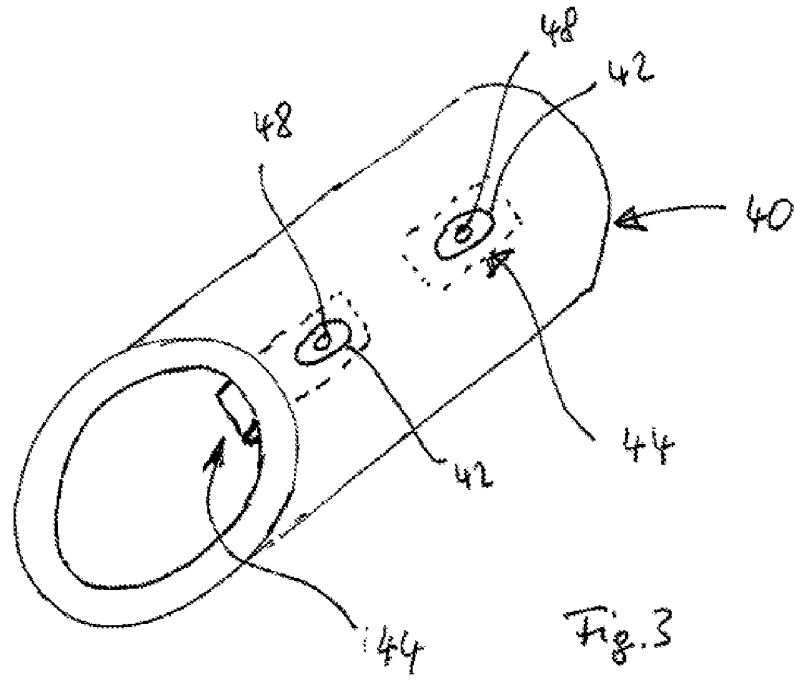


Fig. 2



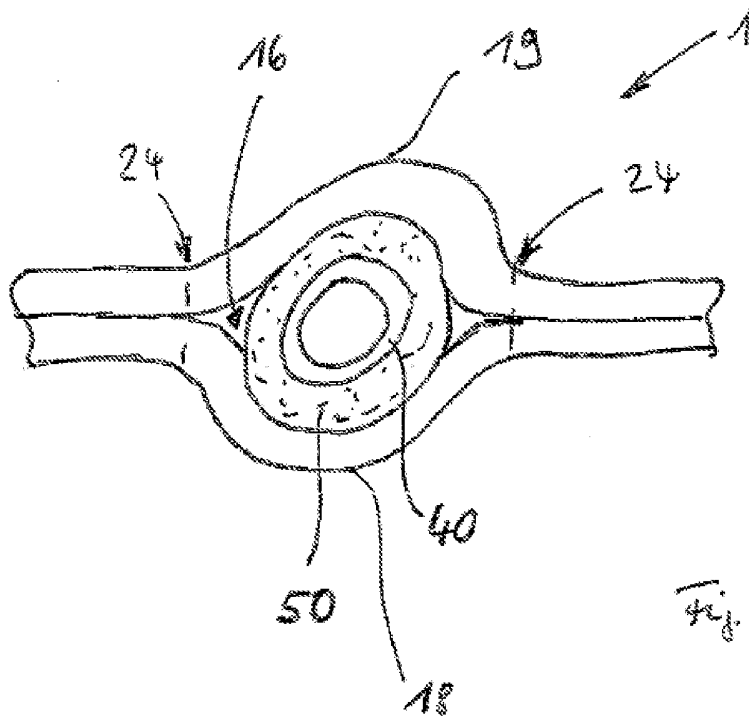


Fig. 5

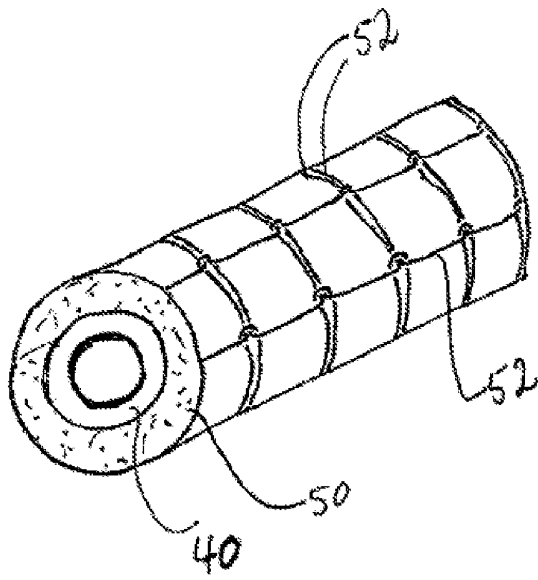
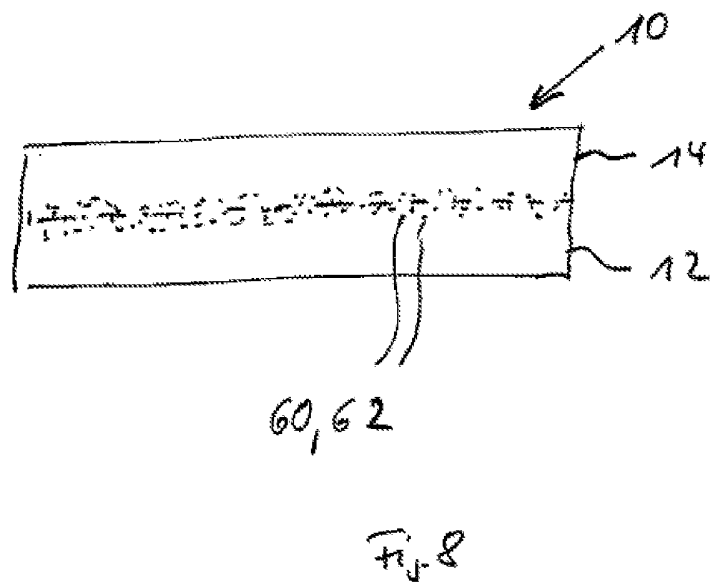
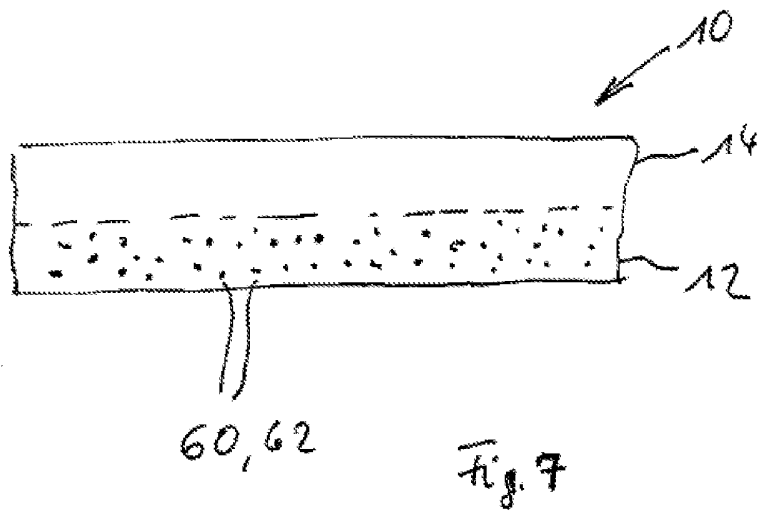


Fig. 6



PATENTE N° 5

PATENTSCHRIFT



(10) **DE 10 2011 083 742 B4** 2017.02.09

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2011 083 742.6

(22) Anmeldetag: **29.09.2011**

(43) Offenlegungstag: **28.03.2013**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **09.02.2017**

(51) Int Cl.: **A01G 25/06** (2006.01)

A01G 25/02 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität: **10 2011 114 238.3** **26.09.2011**

(62) Teilung in:
10 2011 123 044.4

(73) Patentinhaber:
IGG-Internationale Geotextil Gesellschaft mbH,
27239 Twistringen, DE

(74) Vertreter:
**Eisenführ Speiser Patentanwälte Rechtsanwälte
PartGmbH, 28217 Bremen, DE**

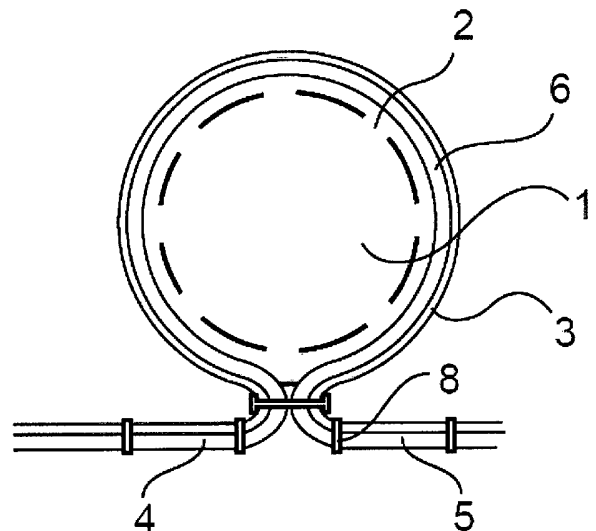
(72) Erfinder:
Roess, Thomas, 27239 Twistringen, DE;
Polderman, Todd, San Marcos, Calif., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 18 643	B4
CH	542 571	A
US	5 839 659	A
EP	1 430 770	A1
WO	2009/ 015 911	A2

(54) Bezeichnung: **Bewässerungsmatte**

(57) **Hauptanspruch:** Bewässerungsmatte bestehend aus nur einer Vliesstoffbahn (3), welche eine gute Kapillarwirkung für Feuchtigkeit, Wasser aufweist, und wenigstens einem Bewässerungsrohr (1), welches Öffnungen (2) zum Austritt von Wasser aufweist, wobei das Bewässerungsrohr (1) an der Vliesstoffbahn (3) fixiert ist und wobei das Bewässerungsrohr (1) mit einer Ummantelung (6) versehen ist, welche bevorzugt straff am Rohr anliegt und die Ummantelung (6) des Bewässerungsrohres (1) durch Verkleben an der Vliesstoffbahn (3) fixiert ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Bewässerungsmatte. Eine solche Bewässerungsmatte ist aus dem Stand der Technik in vielfacher Form bereits bekannt, z. B. aus US 5,839,659, DE 101 18 643 B4, WO 2009/015911, EP 1 430 770 oder CH 542 571. Ferner ist aus EP 1 430 770 A1 eine Bewässerungsmatte und eine Vorrichtung zur ihrer Herstellung bekannt.

[0002] Bei den aus diesen Dokumenten bekannten Lösungen ist ein Bewässerungsschlauch, welcher eine Vielzahl von Öffnungen aufweist, von wenigstens zwei Vliesstofflagen bzw. Vliesstoffbahnen umgeben und die einzelnen Vliesstoffbahnen sind miteinander verbunden, z. B. durch Zusammennähen, durch Versteppen, Vernähen, Verkneten, so dass der Bewässerungsschlauch beim und nach dem Verlegen der Bewässerungsmatte zwischen den beiden verschiedenen Vliesstoffbahnen zur Anlage kommt.

[0003] Wird nun Wasser durch einen solchen Bewässerungsschlauch gedrückt, so tritt dieses Wasser durch die Öffnungen im Schlauch aus und verteilt sich in die beiden Vliesstoffbahnen, die regelmäßig aufgrund ihrer Kapillarität das Wasser auch vom Bewässerungsschlauch weg in die Ebene der Vliesstoffbahnen transportieren.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, eine textile Bewässerungsmatte der eingangs geschilderten Art kostengünstiger herzustellen. Die Aufgabe wird gelöst mit einer textilen Bewässerungsmatte, welche im Wesentlichen nur aus einer Vliesstoffbahn besteht, wobei der Bewässerungsschlauch an dieser Vliesstoffbahn fixiert wird.

[0005] Zur Fixierung kann ein Netz dienen oder der Bewässerungsschlauch wird in die Vliesstoffbahn eingewickelt oder der Bewässerungsschlauch wird an die Vliesstoffbahn angenäht oder angeklebt oder dergl.

[0006] Dabei ist es durchaus möglich, dass der Bewässerungsschlauch selbst von einem Vliesstoff, z. B. einer Hülle aus Textilstoff, ummantelt ist, um somit ein Einwachsen der Wurzeln in die Löcher/Perforationen des Bewässerungsschlauches zu verhindern.

[0007] In der nachfolgenden Zeichnungsbeschreibung sind verschiedene Varianten der erfindungsgemäßen Bewässerungsmatte aufgezeigt.

[0008] Fig. 1 zeigt eine erste Variante der Erfindung

[0009] Fig. 2 zeigt eine zweite Variante der Erfindung

[0010] Fig. 3 zeigt eine dritte Variante der Erfindung

[0011] Fig. 4 zeigt eine vierte Variante der Erfindung

[0012] Fig. 5 zeigt eine fünfte Variante der Erfindung

[0013] Fig. 6 zeigt eine sechste Variante der Erfindung

[0014] Fig. 7 zeigt eine siebte Variante der Erfindung

[0015] Fig. 8 zeigt eine achte Variante der Erfindung

[0016] Fig. 9 zeigt eine neunte Variante der Erfindung

[0017] Fig. 10 zeigt eine zehnte Variante der Erfindung

[0018] Fig. 11 zeigt eine elfte Variante der Erfindung

[0019] Fig. 12 zeigt eine zwölfte Variante der Erfindung.

[0020] Fig. 1 zeigt im Querschnitt ein Bewässerungsschlauch bzw. einen Bewässerungsschlauch **1** mit einer Vielzahl der entweder in der Länge und im Bedarfsfall auch radial eingebrachten Bohrungen/Öffnungen/Perforationen **2**. Diese Perforationen **2** sind dafür vorgesehen, dass Wasser, welches in den Bewässerungsschlauch **1** gelangt, durch die Perforation nach draußen austritt.

[0021] In dem dargestellten Beispiel ist der Bewässerungsschlauch **1** in eine einzige Vliesstoffbahn **3** eingewickelt, so dass der Bewässerungsschlauch **1** praktisch über seinen gesamten Umfang, also über 360°, von der Vliesstoffbahn **3** umgeben ist und dort, wo die beiden Enden **4** und **5** der Vliesstoffbahn **3** sich berühren, sind die Vliesstoffbahnen miteinander verbunden, z. B. durch Vernähen, Klammern oder durch Verkleben.

[0022] Fig. 2 zeigt eine Variante der Ausführung nach Fig. 1, wobei hierbei der Bewässerungsschlauch **1** von einer Ummantelung **6**, die z. B. aus Textilstoff oder Vliesstoff besteht, umgeben ist, so dass die Vliesstoffbahn **3** die Ummantelung **6** berührt und daran (eng) anliegt. Zur weiteren Verbindung zwischen der Vliesstoffbahn **3** und der Ummantelung **6** kann diese wiederum an den entsprechenden Stellen durch Nähte **8** fest verbunden werden. Auch ein Verkleben oder Klammern ist an diesen Stellen möglich, um die Berührung und Verbindung von Ummantelung **6** und Vliesstoffbahn **3** optimal zu gestalten.

[0023] Fig. 3 zeigt eine weitere Variante gemäß Fig. 1, bei der die Vliesstoffbahn **3** im Querschnitt eine Schlaufe bildet, in die der Bewässerungsschlauch **1** eingeführt wird, wobei die Schlaufe über eine Naht **8** vernäht ist, um somit den Bewässerungsschlauch **1** fest in der Vliesstoffbahn **3** zu halten.

[0024] Fig. 4 zeigt eine Variante, bei der eine individuelle Vliesstoffbahn-Schlaufe **10** gebildet wird, in die der Bewässerungsschlauch **1** eingelegt ist und diese Schlaufe **10** wird dann an eine eben ausgelegten Vliesstoffbahn **3** fixiert, z. B. durch Vernähen, Versteppen, Verkleben etc.

[0025] Fig. 5 zeigt eine weitere Variante, bei der der Bewässerungsschlauch **1** auf die Vliesstoffbahn **3** aufgelegt wird und durch ein Netz **7**, welches z. B. aus Kunststoff besteht, auf der Vliesstoffbahn **3** fixiert wird.

[0026] Das Netz **7** selbst verfügt über keine Kapillarstruktur, sondern ist sehr grobmaschig gehalten und dient allein der Fixierung des Bewässerungsschlauchs **1** an der Vliesstoffbahn **3**, welche ihrerseits eine gute bis sehr gute Kapillarwirkung aufweist.

[0027] Während in Fig. 5 das Netz **7** ganzflächig über der Vliesstoffbahn **3** ausgelegt ist und mit der Vliesstoffbahn **3** verbunden wird, z. B. wiederum durch Vernähen, Verkleben etc., zeigt Fig. 6 eine Variante, bei der nur ein Streifen aus dem Netzmaterial **7** über dem Bewässerungsschlauch **1** gelegt und auf beiden Seiten des Bewässerungsschlauchs **1** mit der Vliesstoffbahn **3** verbunden wird, um somit den Bewässerungsschlauch **1** auf der Vliesstoffbahn zu fixieren.

[0028] Fig. 7 zeigt eine weitere Variante der Erfindung, bei der statt eines Netzes ein anderer Werkstoff, der keine Kapillarwirkung aufweist, über den Schlauch gelegt wird, diesen bedeckt, so dass auf beiden Seiten des Bewässerungsschlauchs **1** die Materialbahn mit der Vliesstoffbahn verbunden wird.

[0029] Bei den vorgenannten Varianten befindet sich der Bewässerungsschlauch **1** stets oberhalb der Vliesstoffbahn **3**. Bei den genannten Varianten kann die Reihenfolge auch umgedreht werden, so dass also dann die Vliesstoffbahn **3** oberhalb des Bewässerungsschlauchs **1** liegt und damit die Vliesstoffbahn **3** selbst einen Schutz gegen das Eindringen von Wurzeln in die Perforation **2** des Bewässerungsschlauchs **1** liefert.

[0030] Bei allen vorgenannten Varianten kann auch, wie bereits in Fig. 2 dargestellt, der Bewässerungsschlauch **1** selbst von einer Ummantelung **6** umgeben sein, die z. B. aus Vliesstoff, Baumwolle oder anderen wasserleitfähigen Textilien besteht, insbesondere auch aus wasserleitfähigen Textilien, die eine optimale Wasserverteilung über den Umfang des Bewässerungsschlauchs **1** gewährleisten und bevorzugt eine hohe Kapillarfähigkeit aufweisen, so dass sich eine optimale, natürliche Wasserteilung in der Ummantelung **6** des Bewässerungsschlauchs **1** einstellt, so dass das Wasser von dort bestmöglich in die einzige Vliesstoffbahn **3** geleitet werden kann.

[0031] Fig. 8 zeigt eine Aufsicht der Variante gemäß Fig. 5. Dabei ist auch der Bewässerungsschlauch **1** selbst mit einer Ummantelung **6** aus einem Textilstoff, welcher eine hohe Kapillarität aufweist, versehen.

[0032] In Fig. 8 ist auch zu erkennen, dass im Bedarfsfall zur weiteren Fixierung des Bewässerungsschlauchs **1** an der textilen Vliesstoffbahn **3** Folienklebestreifen **9** vorgesehen sind.

[0033] Fig. 9 zeigt die Variante gemäß Fig. 8 ohne Netzabdeckung. Dort ist gut zu erkennen, dass das aus dem Bewässerungsschlauch **1** austretende Wasser in die Vliesstoffbahn **3** eindringt und dieses sich weit über den Durchmesser des Bewässerungsschlauchs **1** hinaus verteilt.

[0034] Fig. 11 zeigt eine Aufsicht der erfindungsgemäßen Variante gemäß Fig. 5. Dort ist zu erkennen, dass auf die Vliesstoffbahn **3** (unten) ein Bewässerungsschlauch **1**, welcher eine Ummantelung **6** aufweist, aufgelegt ist und diese Struktur wird mittels eines Netzes **7**, welches an die Vliesstoffbahn **3** angenäht wird (auch Verkleben ist möglich) fixiert. Wie erwähnt, ist auch das Verkleben des Bewässerungsschlauchs **1** (mit oder ohne Ummantelung) an der Vliesstoffbahn **3** möglich und auch kann die Vliesstoffbahn **3** selbst dort, wo sich Teile hiervon gegenseitig berühren (z. B. gemäß den Varianten nach Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4), verklebt werden. Hierzu sind Heißkleber geeignet oder auch andere Kleber, auch solche Kleber, die nach längerer Zeit ihre Klebewirkung verlieren, was unproblematisch ist, wenn die Bewässerungsmatte bereits in den Boden verlegt worden ist und von Erde bedeckt ist.

[0035] Die dargestellten Figuren zeigen verschiedene Varianten der erfindungsgemäßen Bewässerungsmatte als solche. Nicht dargestellt sind die Wasseranschlüsse an den Schläuchen sowie das Erdmaterial, welches regelmäßig auf die Bewässerungsmatten aufgegeben wird, z. B. in einer Stärke von 20 bis 40 cm Dicke (oder mehr), so dass Pflanzen, z. B. Gras, Blumen etc., die in die Erde gepflanzt werden, in relativ kurzer Zeit durch Wachstum der Wurzeln in die Feuchtigkeitsschicht, die durch die Vliesstoffbahn gebildet wird, stoßen und hierin einwachsen können (wenn die Vliesstoffbahn ein entsprechendes Einwachsen der Wurzeln ermöglicht) und somit diese Pflanzen bestmöglich mit Feuchtigkeit, Wasser versorgt werden können.

[0036] Es ist auch möglich, Langzeitdünger in die Vliesstoffbahn **3** mit einzubetten, der sich erst nach mehreren Monaten oder Jahren nach Kontakt mit Wasser abbaut, um somit die Pflanzen bestmöglich mit entsprechenden Nährstoffen zu versorgen.

[0037] Im Vergleich zum Stand der Technik kommt die erfindungsgemäße Lösung nur mit einer einzigen

Vliesstoffbahn aus, wodurch sich die gesamte Produktion der erfindungsgemäßen Bewässerungsmatte deutlich günstiger gestalten lässt, denn bei den im Stand der Technik bekannten Varianten, die regelmäßig wenigstens zwei Vliesstoffbahnen vorsehen, ist ein sehr hoher Materialaufwand notwendig und für die Verbindung der beiden Vliesstoffbahnen im Stand der Technik sind auch besondere Gerätschaften einzusetzen, die entsprechend stabil ausgestattet sein müssen (z. B. sehr starke und feste Nadeln), um die Vernähung zu gewährleisten.

[0038] Wie beschrieben, kann das Bewässerungsrohr selbst auch mit einer Ummantelung versehen sein. So etwas ist bereits bekannt, z. B. aus WO 2009/015911.

[0039] Erfindungsgemäß wird aber vorgeschlagen, dass bei der Ummantelung **6** des Bewässerungsrohres bzw. des Bewässerungsschlauchs **1** dieses nicht nur mit einem textilen Gewebe, Vlies oder dergl. umwickelt wird, sondern diese Umwicklung so fest erfolgt, dass das Vlies stramm am Bewässerungsschlauch **1** anliegt, um eine gleichmäßigere Wasserverteilung entlang des Bewässerungsschlauchs **1** zu gewährleisten, siehe **Fig. 10** (oben).

[0040] „Stramme“ Ummantelung bedeutet dabei, dass dann, wenn ein Bewässerungsschlauch **1** von 1 m Länge vertikal aufgehängt und festgehalten wird und mit einer straffen/strammen Ummantelung **6** versehen wird, sich diese Ummantelung **6** erst dann von dem Bewässerungsschlauch **1** löst, wenn man Gewichte von mehr als 20 kg, bevorzugt mehr als 40 kg, an die Ummantelung **6** hängt, wobei diese Gewichte versuchen werden, die Ummantelung **6** nach unten zu ziehen, während der Bewässerungsschlauch **1** selbst oberseitig fest aufgehängt ist.

[0041] Wenn, wie im Stand der Technik z. B. gemäß WO 2009/015911, das Bewässerungsrohr **1** nur lose ummantelt ist, lässt sich das ummantelnde Vlies relativ leicht vom Bewässerungsschlauch **1** abziehen, z. B. mittels eines Zugkraftgewichtes in der Größenordnung von 3 bis 5 kg, siehe **Fig. 10** (unten).

[0042] Diese vorbeschriebene Ummantelung **6**, insbesondere die straffe, stramme Ummantelung, ist auch eine eigenständige Erfindung, die zwar gut mit der beschriebenen Vliesstoffbahn-Lösung zusammen wirkt, es können jedoch auch solche ummantelte Bewässerungsschläuche einzeln in den Boden gelegt werden, um somit eine optimale Bewässerung des Bodens bzw. der Pflanzen zu ermöglichen, ohne dass dabei Wurzeln in die Perforation des Bewässerungsrohres/des Bewässerungsschlauches eindringen können.

[0043] Für die straffe Ummantelung **6** ist es besonders vorteilhaft, wenn der Bewässerungsschlauch **1**

außenseitig mit einer Kreuzwicklung versehen wird, welche in **Fig. 10** oben dargestellt ist.

[0044] Ein Bewässerungsschlauch, welcher mit „Kemafl“-Technik ummantelt wird, ist in **Fig. 10** unten dargestellt.

[0045] Die Kreuzwicklungstechnik als solche ist durchaus bekannt, z. B. aus der Ummantelung von Dränagerohren (z. B. die Ummantelung mittels Textilresten, Stroh, Kokosfaser etc.), aber die Eignung dieser Kreuzwicklungstechnik für Bewässerungsrohre ist bislang nicht beschrieben worden und somit hier neu und besonders erfinderisch, weil sie einem ganz anderen Zweck als bei den Dränagerohren dient.

[0046] Statt des Netzes **7**, wie in der Lösung gemäß den **Fig. 5**, **Fig. 6** und **Fig. 8** gezeigt, kann auch eine Kokosmatte verwendet werden. Eine solche Kokosmatte ist wasserdurchlässig, hat aber keine (kaum) Kapillarwirkung, sondern stellt eine Kapillarsperre dar. Diese Lösung ist aber durchaus möglich und insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Kokosmatte zur untersten Lage kommt und die Vliesmatte und die Kokosmatte das Bewässerungsrohr bzw. den Bewässerungsschlauch einschließen.

[0047] Weiterhin ist es erfindungsgemäß auch möglich, dass in Ergänzung der Lösungen, wie sie in **Fig. 8** oder **Fig. 9** gezeigt sind, die Rohre bzw. Schläuche (sei es, dass sie ummantelt sind oder auch nicht) nur mit einem Folienklebestreifen **9** abgedeckt sind. Wenn dieses Produkt dann so verlegt wird, dass der Bewässerungsschlauch **1** unten liegt und das Vlies oben, wird durch den Folienklebestreifen **9**, der den Bewässerungsschlauch **1** bedeckt, verhindert, dass das Wasser nach unten gelangen kann; stattdessen wird das Wasser in das Vlies gedrückt und somit kann das Wasser nicht zu schnell in den Boden versickern.

[0048] Der Folienklebestreifen **9** ist bevorzugt wasserundurchlässig und weist eine Breite auf, die etwa zwei- bis fünfmal so groß ist wie der Schlauchdurchmesser. Der Folienklebestreifen **9** bedeckt dabei den Bewässerungsschlauch **1** entlang seiner Längsausrichtung und ist bevorzugt am Bewässerungsschlauch **1** fixiert, z. B. durch Ankleben.

[0049] Wie erwähnt, kann das Tropfrohr (in der vorliegenden Anmeldung auch Bewässerungsschlauch oder Bewässerungsrohr genannt) durch verschiedene Technologien an der Vliesstofflage/Vliesstoffbahn **3** befestigt werden. Eine weitere erfindungsgemäße vorteilhafte Möglichkeit besteht darin, dass das Tropfrohr auf die Vliesstoffbahn aufgenäht wird, was mittels eines Kreuzstichs möglich ist, bei dem die Fäden über das Rohr gelegt werden und abwechselnd immer wieder das Rohr überqueren und auf den gegenüberliegenden Seiten des Rohres an der Vliesstoff-

bahn befestigt werden und somit das Rohr einschließen und an der Vliesstoffbahn fixieren.

[0050] Auch ist es möglich, was eine eigenständige erfindungsgemäße Lösung darstellen kann, das Tropfrohr mittels eines Klettstreifens am Vliesstoff zu fixieren, wenn die eine Klett Komponente am Vliesstoff selbst befestigt wird (z. B. die Komponente mit den Haken), so dass dann der Klettstreifen, der die andere Klett Komponente beinhaltet, daran befestigt wird.

[0051] Bezüglich der Ummantelung der Tropfrohre liegt es auch im erfindungsgemäßen Gedanken, dass die Ummantelung selbst aus einem Kapillarstoff gebildet wird, also einem Stoff (Vliesstoff), welcher eine hohe Kapillarfähigkeit aufweist, um eine gute Wasserverteilung entlang des Rohres zu erreichen.

[0052] Die erfindungsgemäße Bewässerungsmatte 1 lässt sich bei Einbautiefen zwischen 2 cm und 40 cm gut einsetzen, wobei ca. 1 cm bis 10 cm bei einer Verwendung als Dachbegrünungsmatte ausreichen und ca. 5 cm bis 40 cm vorteilhaft sind, wenn Boden oder dergl. (soil) auf die Matte aufgebracht wird.

[0053] In den bisherigen Ausführungen wurde die Vliesstoffbahn 3 als einlagige Bahn vorgestellt. Erfindungsgemäß ist es auch möglich, dass die Vliesstoffbahn 3 durch zwei oder drei oder mehrere übereinandergelegte Vliesstoffbahnen 3a, 3b (siehe z. B. Fig. 7) gebildet wird, wobei in einem solchen Fall es besonders vorteilhaft ist, wenn die Bahnen eine unterschiedliche Kapillarfähigkeit aufweisen, um somit die Wasserverteilung in einer gewünschten Art und Weise einzustellen. Wenn die (beiden) Matten eine einzige Matte bilden sollen, so werden die (beiden) Matten wiederum miteinander verbunden, z. B. durch Vernähen, Verkleben, Versteppen, Vernadeln, etc. und der Bewässerungsschlauch/das Tropfrohr wird an einer Seite (oben oder unten) einer der (beiden) Matten angebracht, liegt aber nicht zwischen den Matten.

[0054] Es ist aber auch möglich, dass bei einer Bewässerungsmatte, die eine Vielzahl von Bewässerungsrohren aufweist, die jeweils parallel liegen, die Bewässerungsrohre nicht alle auf der gleichen Seite der Vliesstoffbahn 3 anliegen, sondern auch auf verschiedenen Seiten, z. B. jedes zweite Bewässerungsrohr oben und jedes andere Bewässerungsrohr unterhalb der Vliesstoffbahn 3.

[0055] Für die Bewässerungsmatte bzw. für die Vliesstoffbahn 3 ist es besonders vorteilhaft, wenn diese ca. 100 g/m² bis 1.000 g/m² wiegt, wobei ein Vlies von ca. 200 g/m² bereits sehr gute Ergebnisse erzielt.

[0056] Soweit in der vorliegenden Anmeldung von Kapillarität oder Kapillarfähigkeit gesprochen wird, ist

damit die kapillare Eigenschaft oder der Kapillareffekt der Vliesstoffbahn, also eines textilen Stoffs/einer textilen Bahn gemeint. Diese Eigenschaft besagt etwas darüber, wie das Wasser, welches in eine solche Bahn eindringt, sich aufgrund der Kapillareigenschaft selbst und möglichst gleichmäßig verteilt (ähnlich einem Osmose-Effekt).

[0057] Es ist ferner, wie erwähnt, möglich, dass die Vliesstoffbahn 3 aus zwei oder mehreren übereinandergelegten Vliesstoffbahnen besteht, wobei diese wiederum mittels einer Nadelmaschine oder dergl. miteinander vernäht, versteppt, in jedem Fall verbunden sind und die oberste Schicht aus einem Faserfloh aus Naturfasern gebildet wird, wobei dort, wo das Bewässerungsrohr bzw. der Bewässerungsschlauch aufgelegt wird, die Vernadelung fehlt.

[0058] Wenn zwei Vliese übereinandergelegt werden und diese Vliese letztlich eine Vliesstoffbahn bilden sollen, so ist es durchaus vorteilhaft, wenn das obere Vlies eine höhere Kapillarität (kapillare Eigenschaft) aufweist als das untere Vlies, so dass sich das Wasser insgesamt besser in der Breite verteilt und nicht so schnell nach unten in den Boden versickern kann.

[0059] Erfindungsgemäß wäre es also auch, dass die Vliesstoffbahn 3 aus zwei oder mehreren Vlieslagen mit unterschiedlicher Kapillarität besteht, wobei der Bewässerungsschlauch 1 an einer der beiden Seiten aufgeklebt, aufgenäht oder in sonstiger Weise befestigt wird.

[0060] Es ist aber auch möglich, dass eine der (beiden) Vliesstofflagen mit einer unterseitigen Porenfolie versehen wird. Diese lässt Wasser und Luft begrenzt durch und wiederum werden die Bewässerungsrohre bzw. Bewässerungsschläuche an einer der beiden Seiten aufgebracht.

[0061] Bei allen vorgenannten und nachstehenden Varianten kann der Bewässerungsschlauch bzw. das Tropfrohr wiederum mit einer Ummantelung versehen sein, aber es ist auch ohne eine Ummantelung möglich, die Erfindung erfolgreich auszuführen.

[0062] Ferner ist es alternativ möglich, eine der beiden Vliesstofflagen mit einer unterseitigen Folie oder Folienstreifen zu versehen, welche kein Wasser durchlassen.

[0063] Weiterhin ist eine erfindungsgemäße Alternative die, eine der beiden Vlieslagen mit einem unterseitig thermisch verfestigten Vlies zu versehen, welches bedingt wasserdurchlässig ist.

Patentansprüche

1. Bewässerungsmatte bestehend aus nur einer Vliesstoffbahn (3), welche eine gute Kapillarwirkung für Feuchtigkeit, Wasser aufweist, und wenigstens einem Bewässerungsrohr (1), welches Öffnungen (2) zum Austritt von Wasser aufweist, wobei das Bewässerungsrohr (1) an der Vliesstoffbahn (3) fixiert ist und wobei das Bewässerungsrohr (1) mit einer Ummantelung (6) versehen ist, welche bevorzugt straff am Rohr anliegt und die Ummantelung (6) des Bewässerungsrohres (1) durch Verkleben an der Vliesstoffbahn (3) fixiert ist.

2. Bewässerungsmatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bewässerungsrohr (1) an der Vliesstoffbahn (3) angeklebt ist.

3. Bewässerungsmatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bewässerungsrohr (1) mittels eines Netzes (7), welches seinerseits an der Vliesstoffbahn (3) fixiert ist, z. B. durch Vernähen an der Vliesstoffbahn (3) fixiert ist.

4. Bewässerungsmatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bewässerungsrohr (1) mittels Klebestreifen (9) auf der Vliesstoffbahn (3) fixiert ist.

5. Bewässerungsmatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vliesstoffbahn (3) durch zwei oder mehr Vliesstoffbahnen (3a, 3b) gebildet wird, die miteinander verbunden werden.

6. Bewässerungsmatte nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vliesstoffbahnen (3a, 3b) eine unterschiedliche Kapillarität aufweisen, z. B. die obere Bahn (3a) eine höhere Kapillarität aufweist als die untere Bahn (3b).

7. Bewässerungsmatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vliesstoffbahn etwa 100 g/m² bis 1.000 g/m² wiegt, bevorzugt 200 g/m².

8. Bewässerungsmatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dann, wenn das Bewässerungsrohr (1) an der Vliesstoffbahn (3) durch Verkleben fixiert wird, zwei in Längsrichtung des Rohres ausgebildete Klebestreifen (11a, 11b) gebildet werden, zwischen denen ein Streifen (12) Vliesstoffbahn frei bleibt zur verbesserten Abgabe des Wassers aus dem Bewässerungsrohr (1) in die Vliesstoffbahn (3).

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

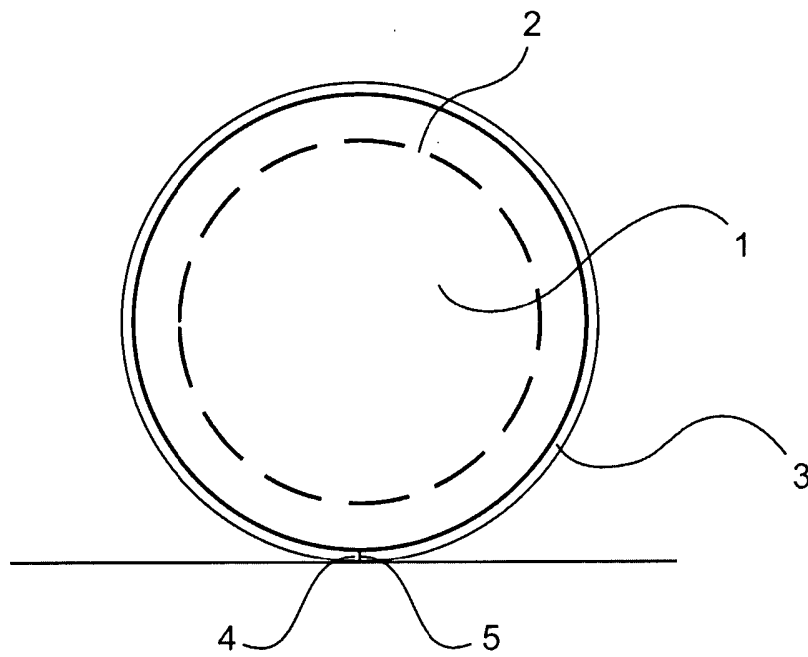


Fig. 1a

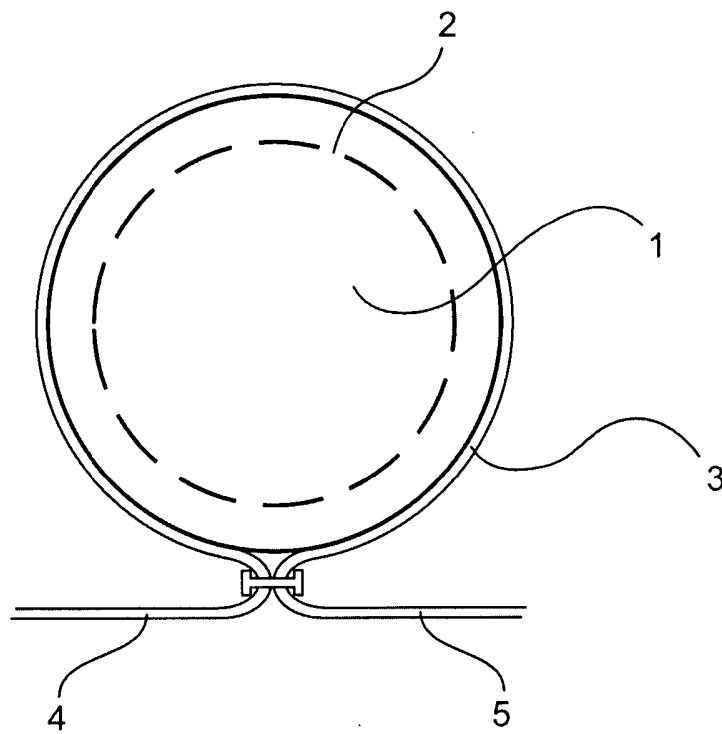


Fig. 1b

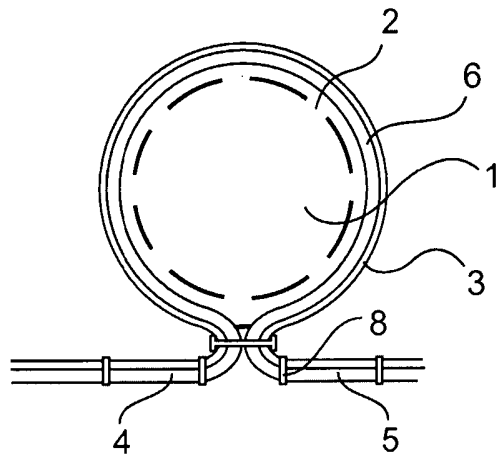


Fig. 2

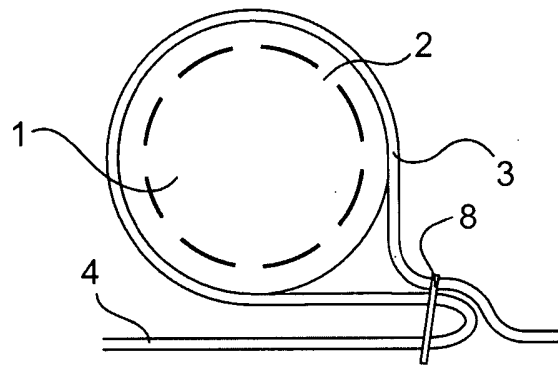


Fig. 3

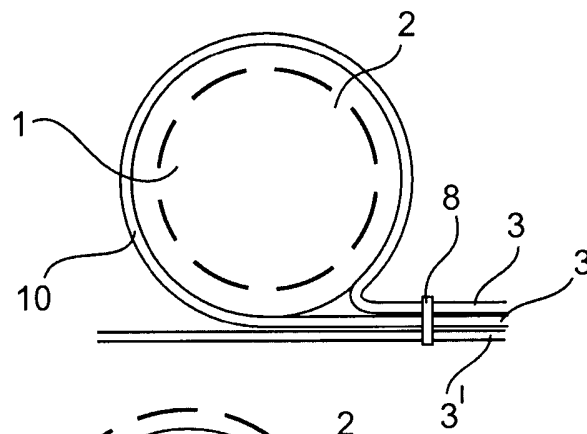


Fig. 4

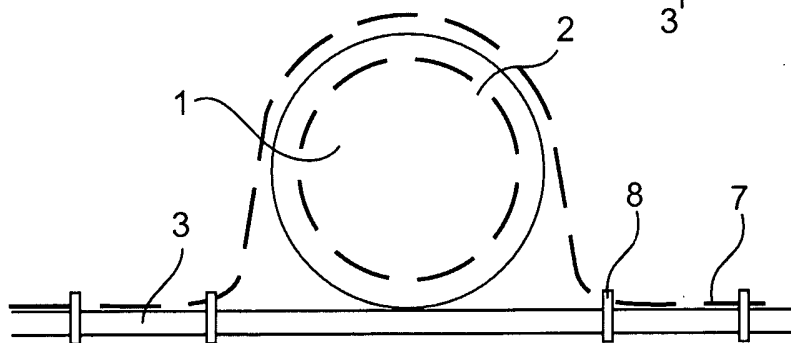


Fig. 5

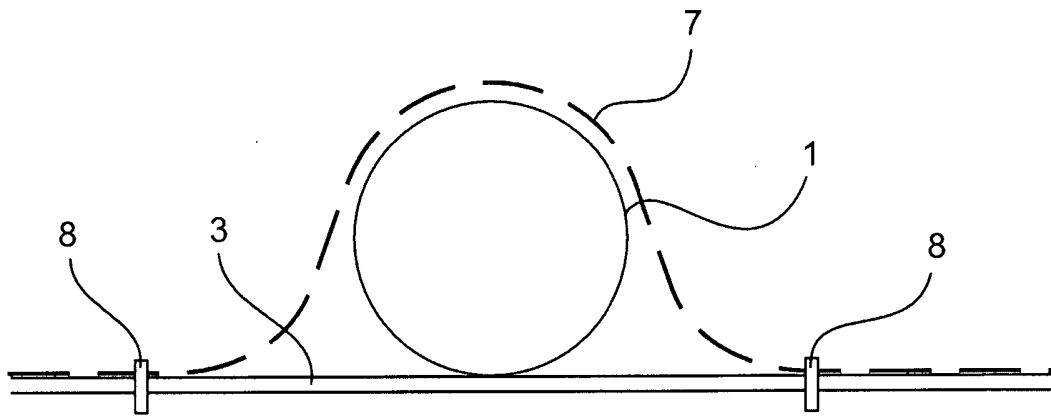


Fig. 6

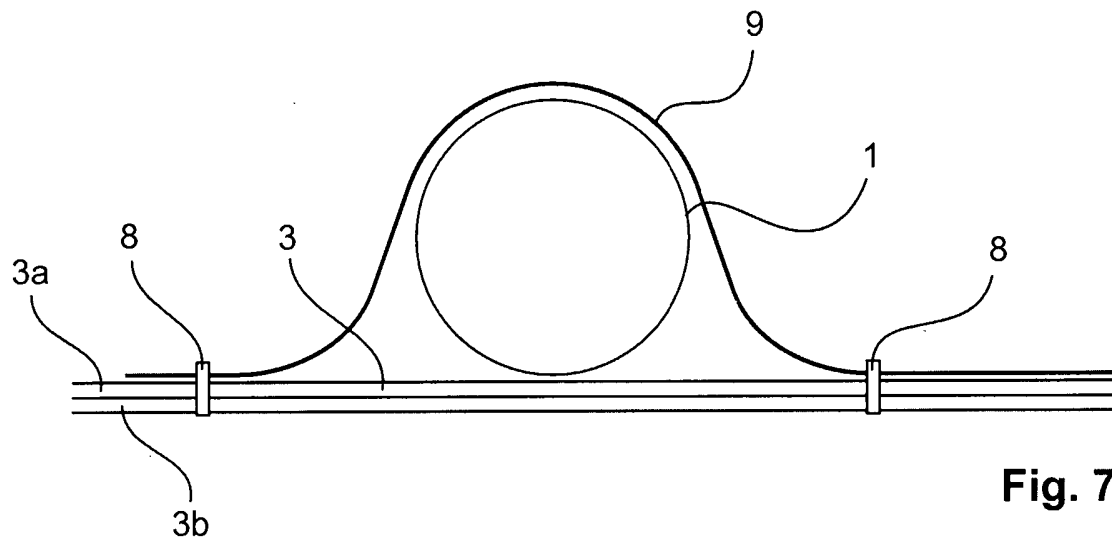


Fig. 7

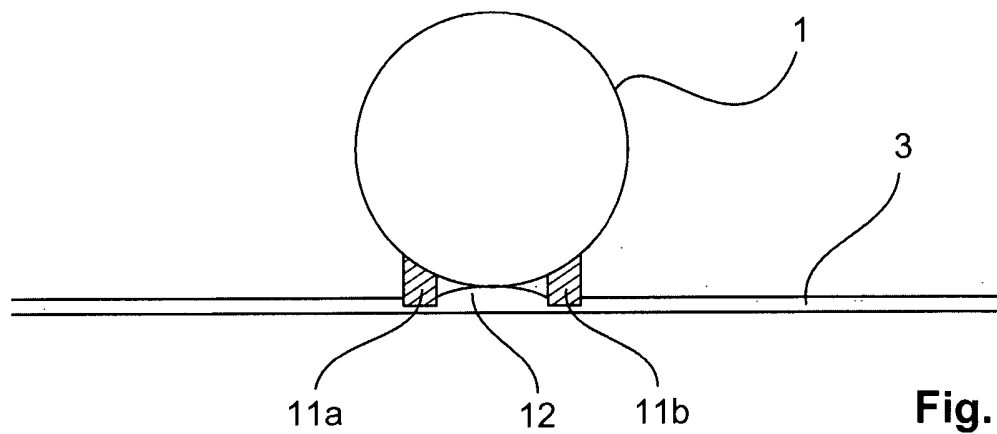


Fig. 12

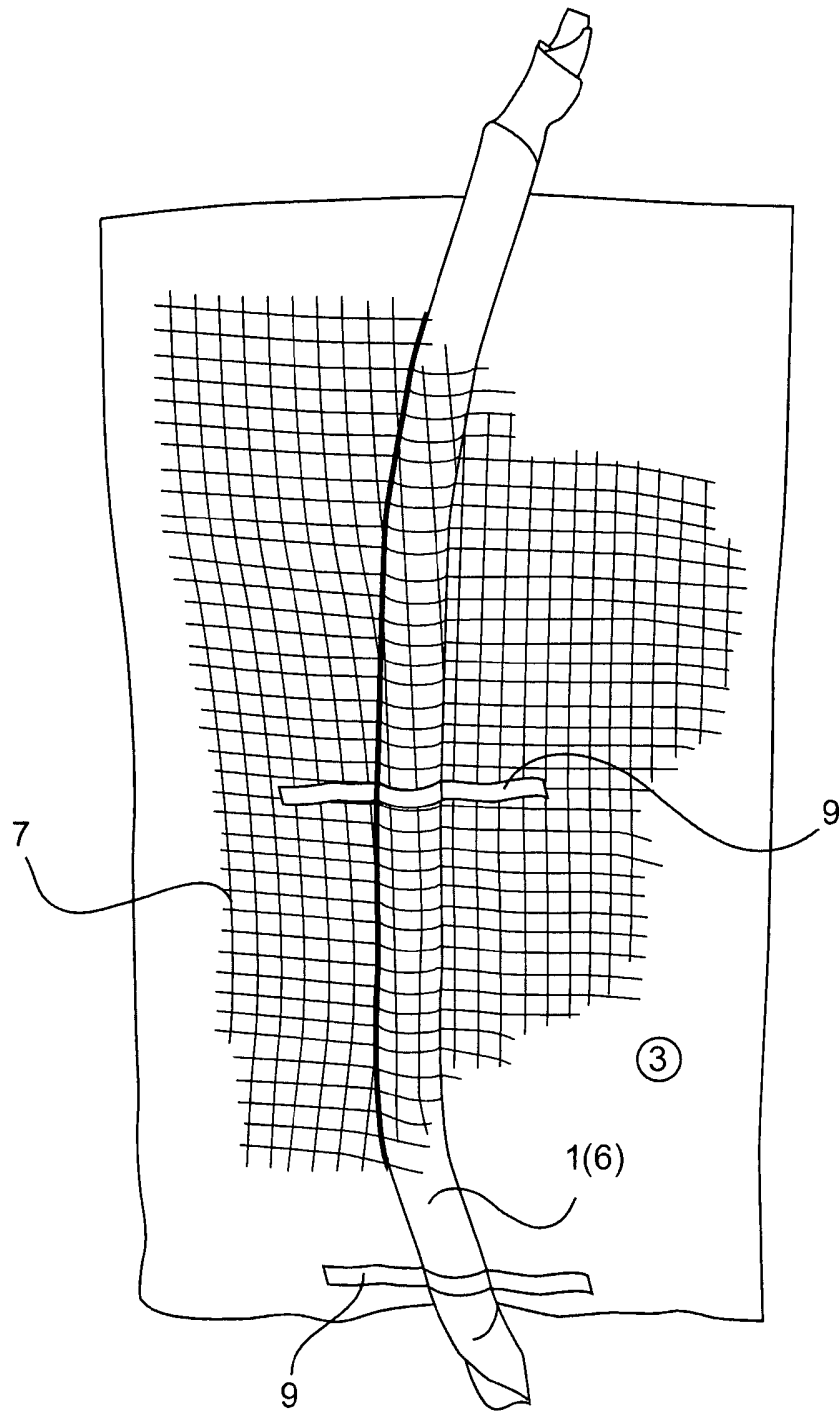


Fig. 8

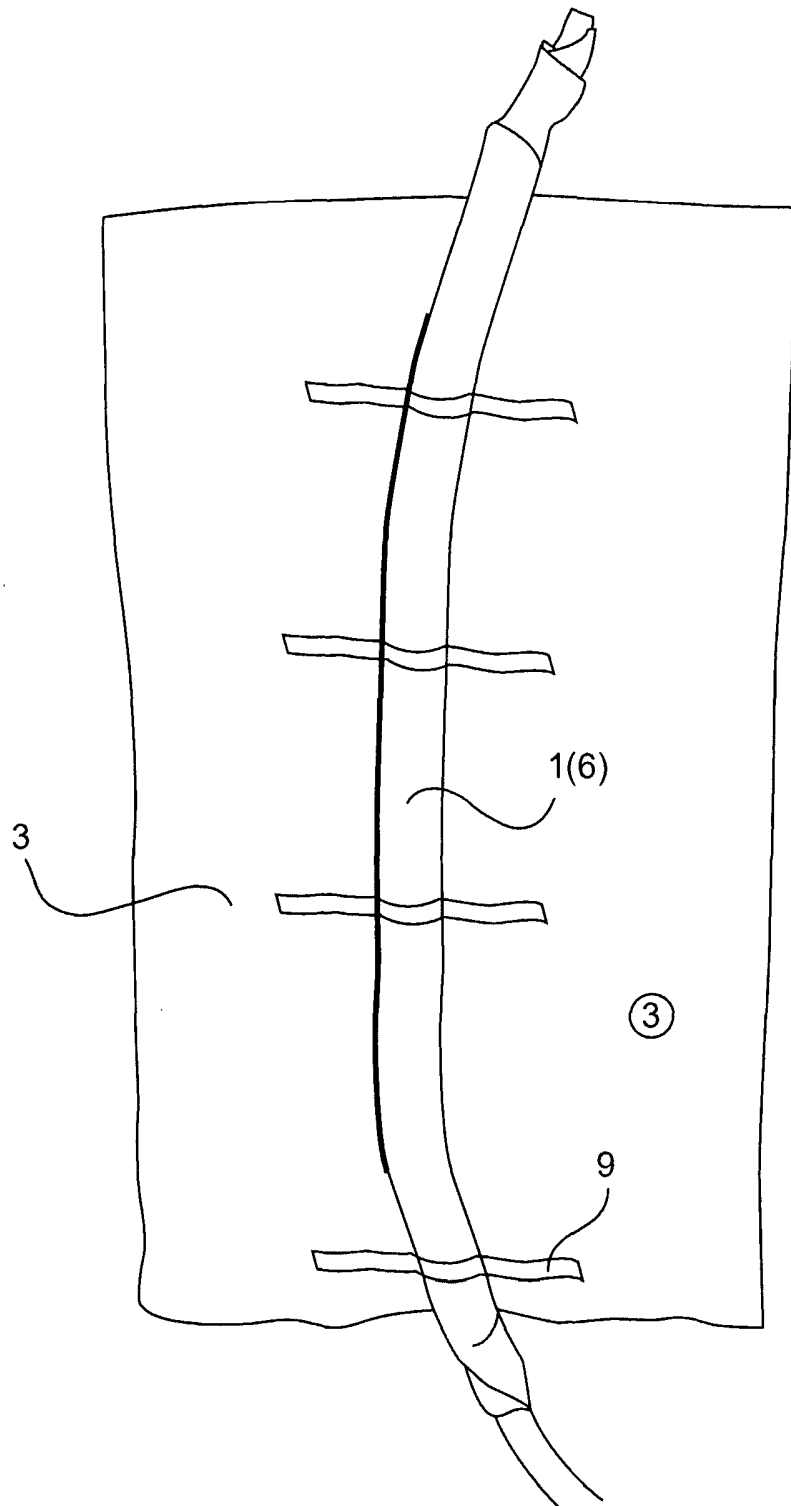


Fig. 9

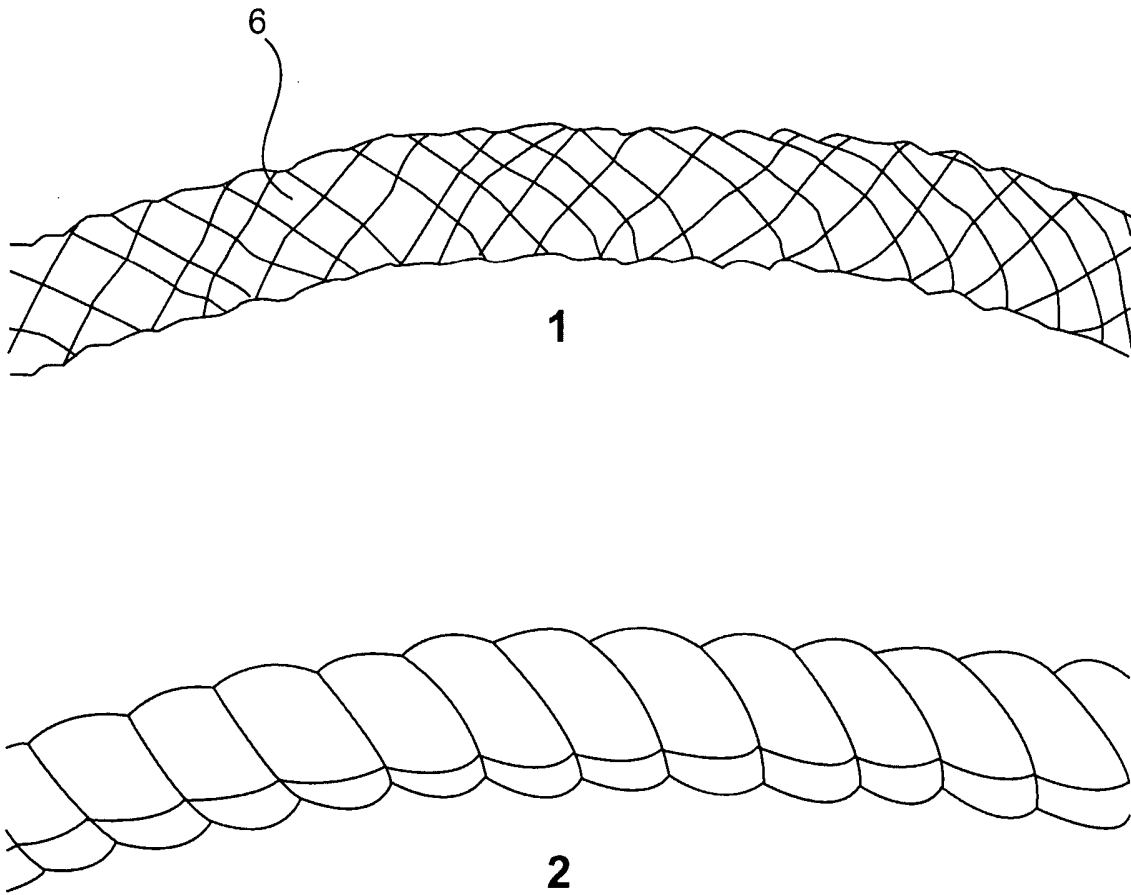


Fig. 10

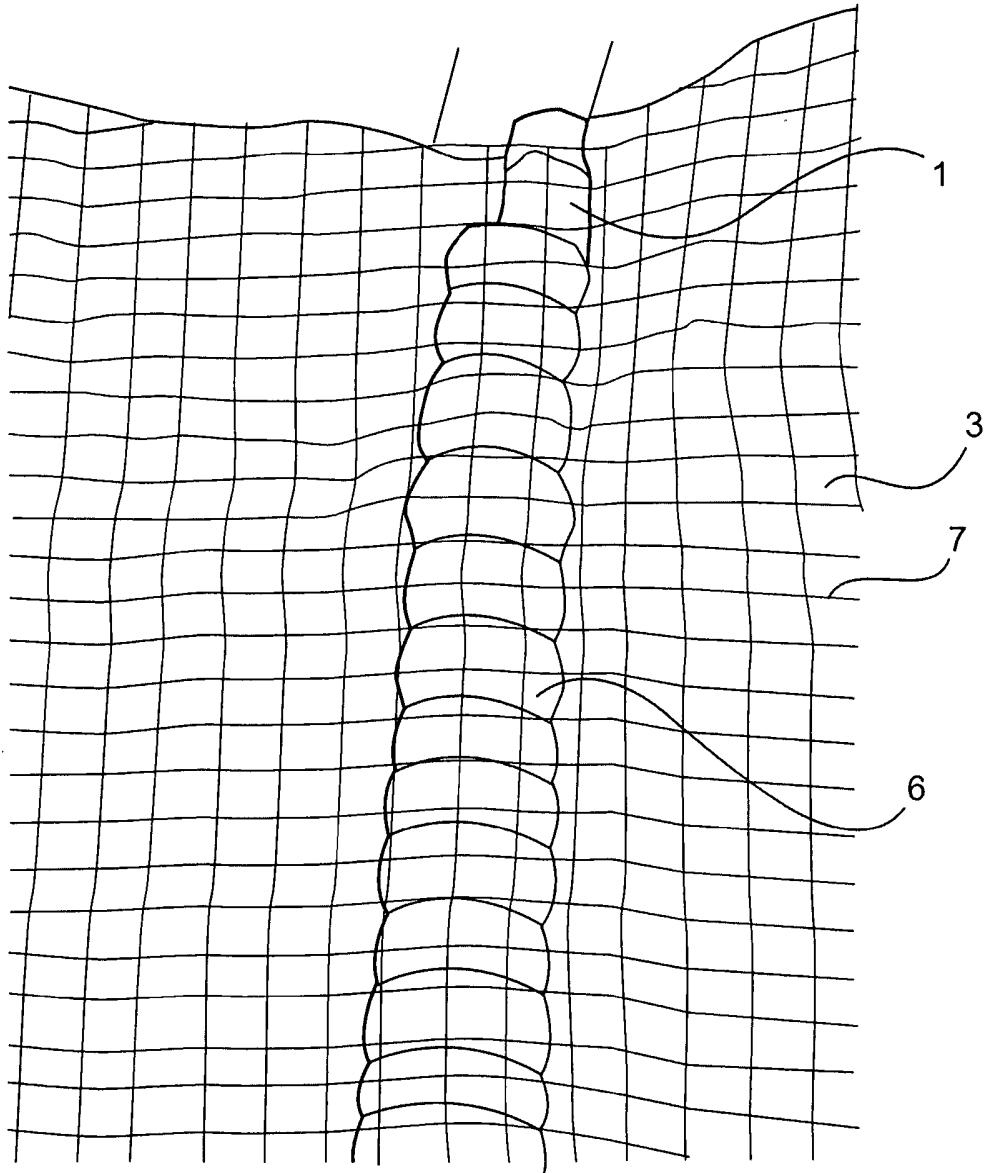


Fig. 11

PATENTE N° 6

SUBSURFACE IRRIGATION MAT

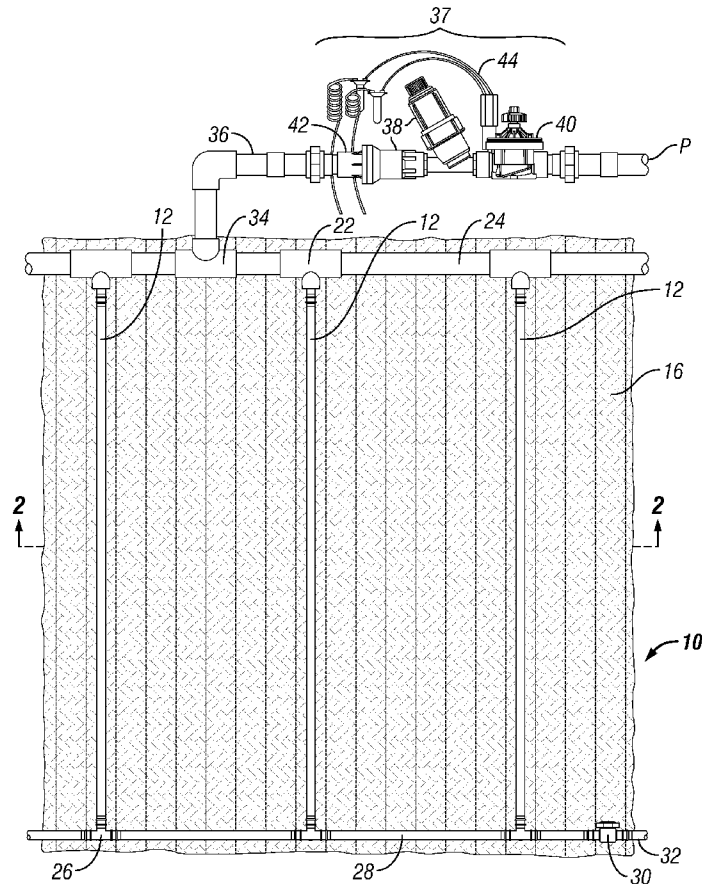


US 20130074400A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**
Roess et al.(10) **Pub. No.: US 2013/0074400 A1**(43) **Pub. Date: Mar. 28, 2013**(54) **SUBSURFACE IRRIGATION MAT****Publication Classification**(71) Applicants: **Thomas H. Roess**, Twistringen (DE);
Todd D. Polderman, San Marcos, CA
(US); **La Monte D. Porter**, San Marcos,
CA (US)(51) **Int. Cl.**
A01G 25/06 (2006.01)(72) Inventors: **Thomas H. Roess**, Twistringen (DE);
Todd D. Polderman, San Marcos, CA
(US); **La Monte D. Porter**, San Marcos,
CA (US)(52) **U.S. Cl.**
CPC **A01G 25/06** (2013.01)
USPC **47/21.1**(73) Assignee: **Hunter Industries, Inc.**, San Marcos,
CA (US)(57) **ABSTRACT**(21) Appl. No.: **13/627,707**(22) Filed: **Sep. 26, 2012****Related U.S. Application Data**(63) Continuation-in-part of application No. 13/597,211,
filed on Aug. 28, 2012.(30) **Foreign Application Priority Data**

Sep. 26, 2011	(DE)	102011114,238.3
Sep. 29, 2011	(DE)	102011083,742.6
Oct. 13, 2011	(DE)	102011084,468.6

A subsurface irrigation mat includes at least one perforated tube, a web made of a first capillary textile, and a casing made of a second capillary textile. The casing surrounds substantially an entire circumference of the perforated tube along at least a portion of a length of the tube. At least one attachment secures the casing to the web so that the casing extends across the web. Water leaving through the holes in the perforated tube can saturate the casing, seep into the web from the casing, and then be carried across the web by capillary action. The result is a substantially uniform discharge of water from the web into a root zone of plants growing in a layer of a growing medium located above the web.



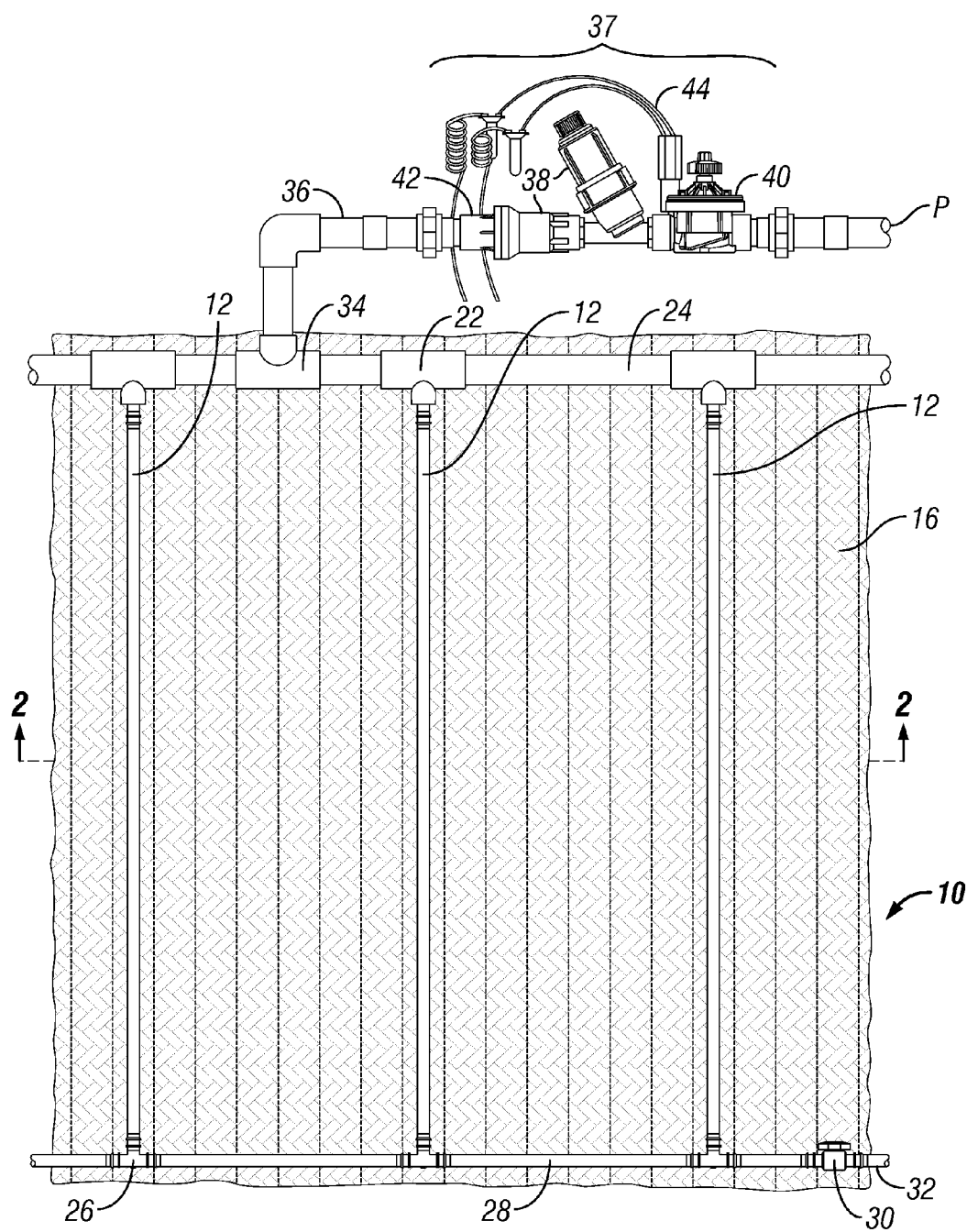


FIG. 1

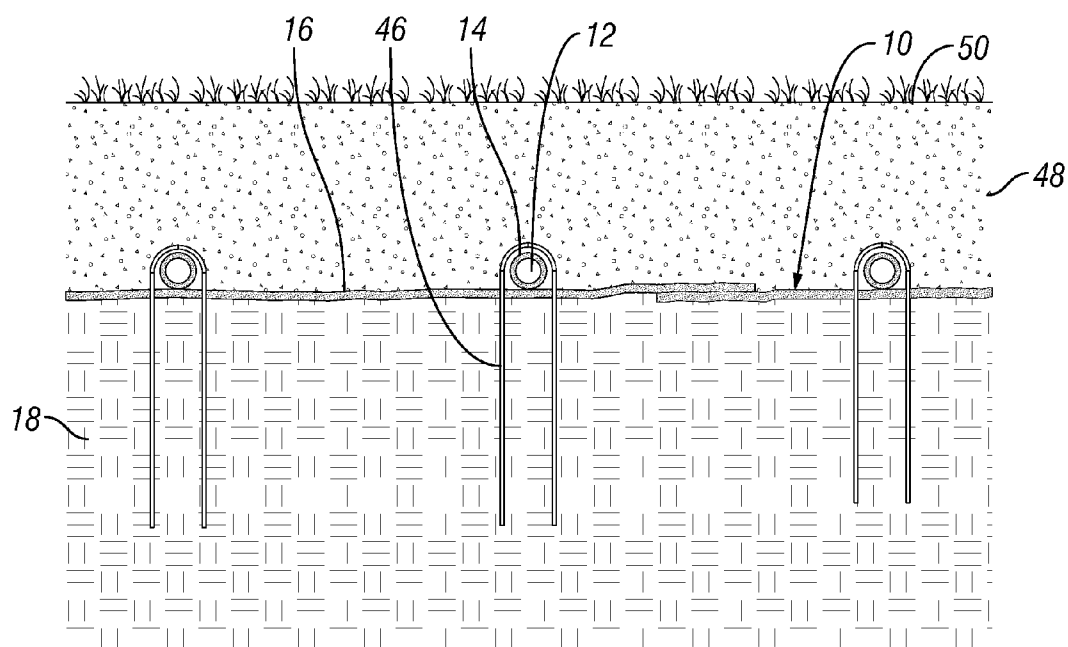


FIG. 2

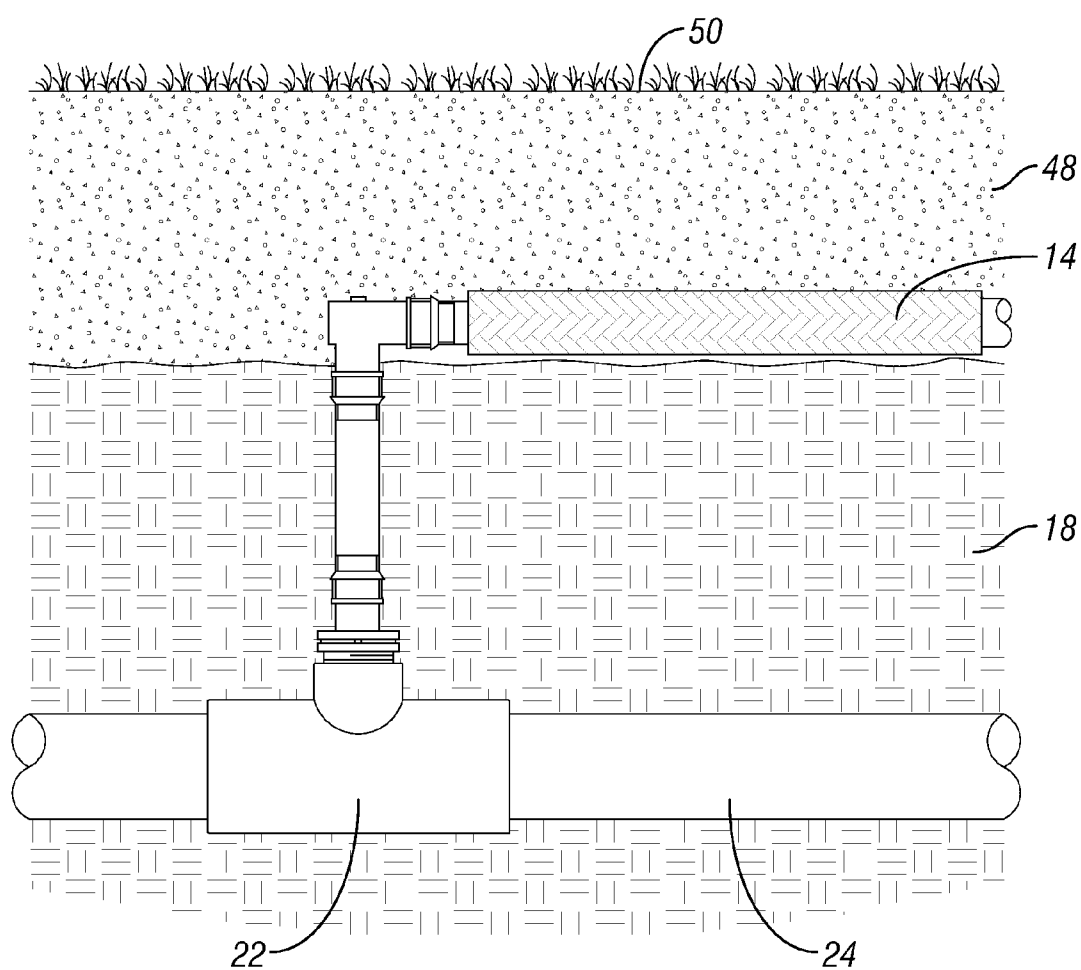


FIG. 3

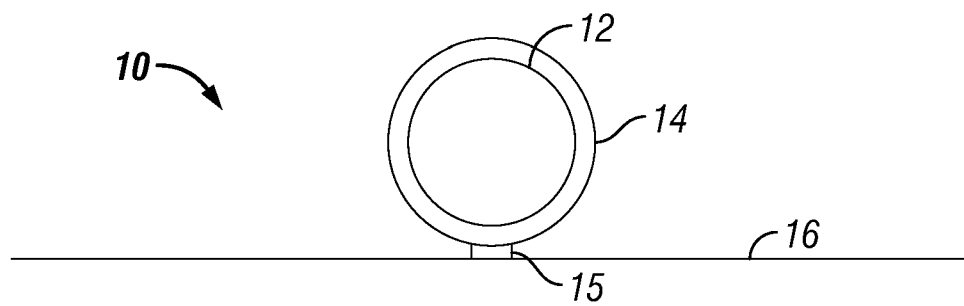


FIG. 4

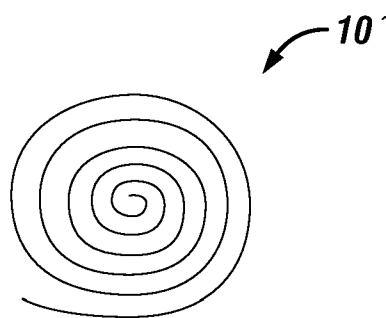


FIG. 5

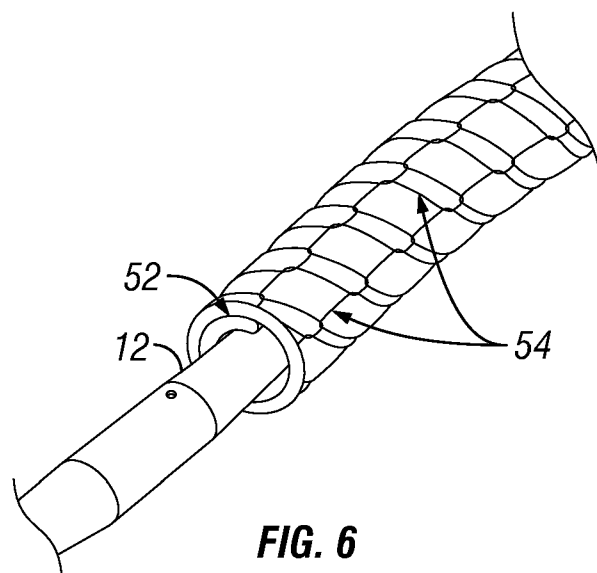


FIG. 6

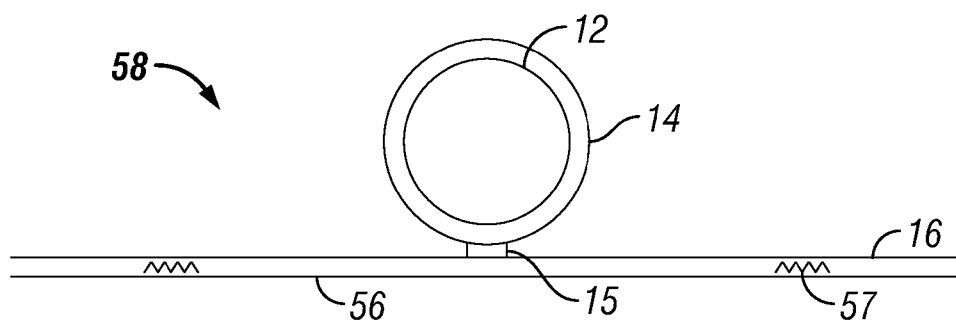


FIG. 7

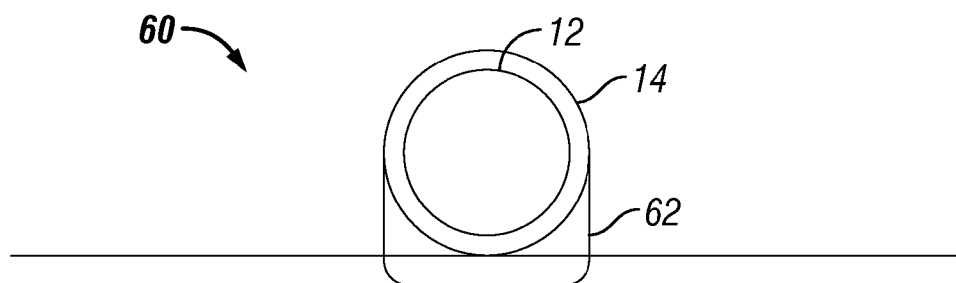


FIG. 8

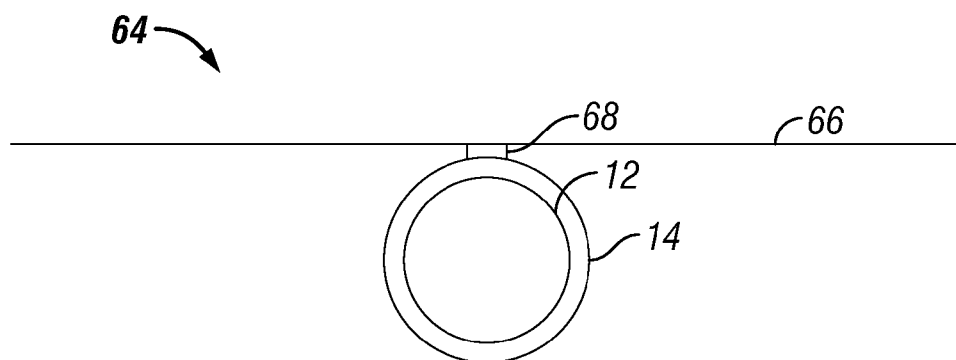


FIG. 9

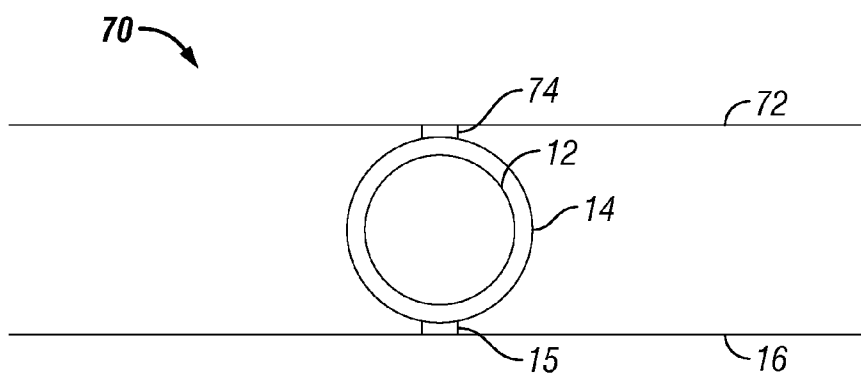


FIG. 10

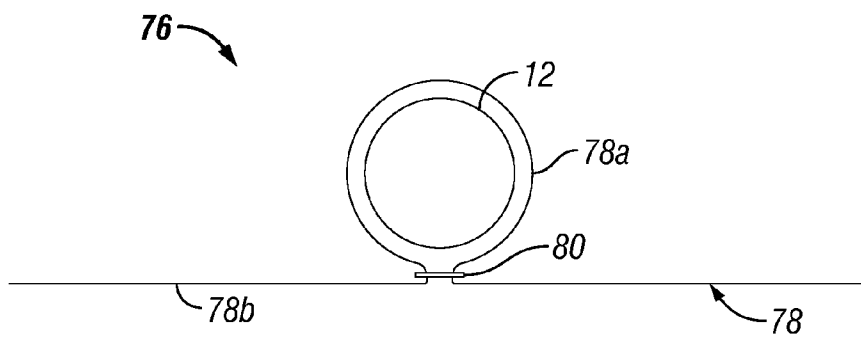


FIG. 11

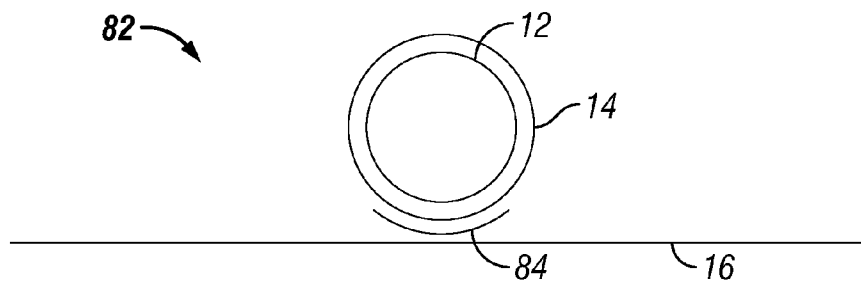


FIG. 12

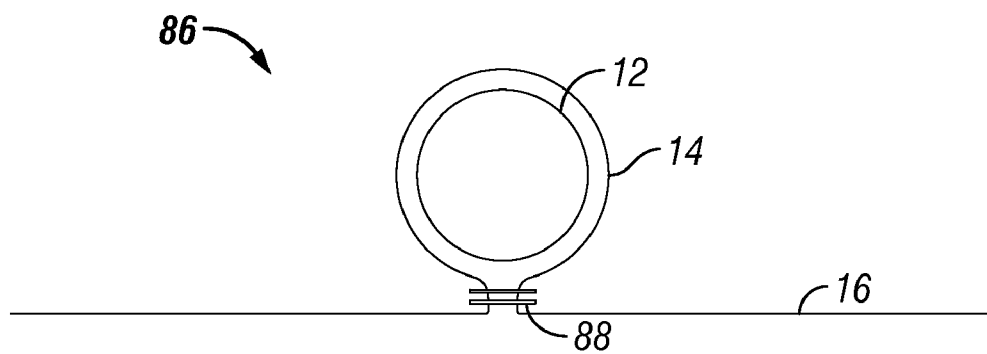


FIG. 13

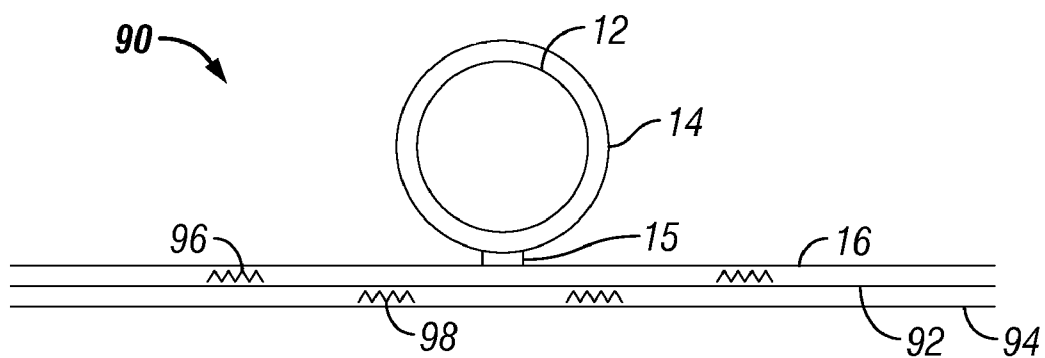


FIG. 14

SUBSURFACE IRRIGATION MAT

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

[0001] This application is a continuation-in-part of U.S. patent application Ser. No. 13/597,211, filed Aug. 28, 2012, by Thomas Roes and Todd Polderman entitled "Irrigation Mat." Priority based on the filing date of the aforementioned pending U.S. Ser. No. 13/597,211 patent application is hereby claimed, the entire disclosure of which is hereby incorporated by reference. This application also claims priority based on the filing dates of three German Patent Applications: No. DE 10 2011 114 238.3 filed 26 Sep. 2011; No. DE 10 2011 083 742.6 filed 29 Sep. 2011; and No. DE 10 2011 084 468.6 filed 13 Oct. 2011.

FIELD OF THE INVENTION

[0002] The present invention relates to devices for irrigating turf and other landscaping.

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0003] Most residential, commercial, golf and athletic field irrigation sites are watered with sprinklers which distribute the water above the ground. The sprinklers are typically coupled to solenoid actuated valves via underground pipes. The valves are turned ON and OFF by a programmable electronic irrigation controller which executes a watering program. Large areas of turf are watered with gear driven rotor-type sprinklers. Smaller areas of turf, as well as shrubs and other decorative plantings, are watered with rotary stream sprinklers and spray-type sprinklers. Drip irrigation and micro-spray nozzles can also be used to water individual plants with very low flow rates in an effort to conserve water.

[0004] Some landscaped areas can benefit from the subterranean application of water, such as grassy areas that have inclined or hilly contours or roof top gardens on high rise buildings. If these contoured areas are watered with sprinklers, a substantial amount of water can run-off the contoured areas or spray onto undesired areas such as walkways. In some areas, the ambient temperature is so high that a substantial amount of water applied via sprinklers to turf and other landscaping is lost due to evaporation. In the case of roof-top gardens, the winds can be substantial and a significant proportion of water from above-ground sprinklers can be blown away. Spikes with built-in nozzles can be used to deliver water underground, but this is only appropriate for individual trees and shrubs, and not turf.

[0005] An "irrigation mat" has been developed that is designed to be buried in the soil below turf and other landscaping delivers water to this type of vegetation in a subsurface fashion. This allows watering of contoured landscaped areas and roof top gardens without loss of water due to spraying sidewalks, excess run off or blowing wind. Golf courses, playing fields and the like can be in use by players during subsurface watering. Subsurface watering is also more efficient in conserving water since it eliminates surface water evaporation. One form of irrigation mat that has been commercialized comprises a plurality of parallel extending perforated plastic pipes that are surrounded by a textile mat that conducts water away from the pipes into the soil via capillary action. This type of irrigation mat is typically buried four to six inches below turf or other plantings. See U.S. Pat. No.

5,839,659 of Murray granted Nov. 24, 1998, entitled "Capillary Root Zone Irrigation System."

[0006] There is a need for improved forms of irrigation mat that are useful in the aforementioned specialized irrigation sites, and others.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0007] In accordance with the present invention an improved subsurface irrigation mat includes at least one perforated tube, a web made of a first capillary textile, and a casing made of a second capillary textile. The casing surrounds substantially an entire circumference of the perforated tube along at least a portion of a length of the tube. The casing is not formed as a pocket by laminating a portion of the second capillary textile with the first capillary textile as in a prior design. At least one attachment secures the casing to the web so that the casing extends across the web. A fiber size and a density of the first and second capillary textiles, and a size and spacing of a plurality of holes in the perforated tube are selected for optimum performance. Water leaving through the holes in the perforated tube can saturate the casing, seep into the web from the casing, and then be carried across the web by capillary action. The result is a substantially uniform discharge of water from the web into a root zone of plants growing in a layer of a growing medium located above the web.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0008] FIG. 1 is a fragmentary diagrammatic plan view illustrating a section of a subsurface irrigation mat and associated plumbing.

[0009] FIG. 2 is a fragmentary diagrammatic vertical sectional view taken along line 2-2 of FIG. 1 illustrating the installation of the subsurface irrigation mat on top of the site soil and beneath a layer of amended soil that is covered with sod.

[0010] FIG. 3 is a fragmentary diagrammatic vertical sectional view illustrating the connection of a perforated tube and casing to a PVC supply header.

[0011] FIG. 4 is a diagrammatic vertical cross-sectional view of the irrigation mat of FIG. 1 taken through one of its drip lines.

[0012] FIG. 5 is a diagrammatic end elevation view of a roll of the irrigation mat of FIG. 1.

[0013] FIG. 6 is a fragmentary isometric view of a wrapped perforated tube that uses helical stitching to secure the wrapped casing around the perforated tube.

[0014] FIGS. 7-14 are diagrammatic vertical cross-sectional views of various alternative embodiments of the irrigation mat.

DETAILED DESCRIPTION

[0015] Referring to FIG. 1, in accordance with an embodiment of the present invention an improved subsurface irrigation mat 10 includes a plurality of perforated tubes in the form of drip lines 12 that extend in parallel, spaced apart fashion. The drip lines 12 contain emitters that regulate and limit the flow of water through associated holes in the tubes. By way of example, the drip lines 12 may be located at equally spaced intervals, such as thirty centimeters to sixty centimeters (approximately one to two feet) apart. Each drip line 12 is surrounded substantially along its entire length by a generally cylindrical jacket or casing 14 (FIGS. 2 and 4) made of a first

capillary textile preferably in the form of non-woven polymer fleece material. The fleece casings **14** are in turn secured via adhesive **15** (FIG. 4) to the top of a continuous mat or web **16** (FIGS. 1 and 4) made of a second capillary textile, also preferably a non-woven polymer fleece material. The adhesive **15** functions as an attachment to hold the casing **14** and the drip line **12** surrounded by the casing **14** in position on the web **16**. The adhesive **15** may be applied as a continuous bead, applied as stripes spaced apart at intervals, or applied as spaced apart spots. Alternatively, sonic welding in spots could be used to form the attachment between the casing **14** and the web **16**.

[0016] Importantly, the fleece casings **14** are not formed as pockets by laminating a portion of the first capillary textile with the second capillary textile as disclosed in the aforementioned U.S. Pat. No. 5,839,659 of Murray. The wrapped casing **14** is saturated with water from the drip line **12** via the capillary action and then more evenly distributes that water to the mat **16**, thereby reducing heavy water saturation of the soil near the emitters of the drip line **12**. This produces more even distribution of water in the mat **16**, thereby maximizing the efficiency of the irrigation process.

[0017] The irrigation mat **10** is laid over the top of the site soil **18** (FIG. 2). In some applications, the irrigation mat **10** may be laid directly over other materials such as concrete, crushed rock, roofing membrane, or other engineered materials specific to the site. One set of ends of the drip lines **12** are connected to corresponding polyvinyl chloride (PVC) T-fittings **22** (FIG. 1) adhesively secured to segments of PVC pipe that form a water supply lateral line or header **24**. The other set of ends of the drip lines **12** are connected to corresponding plastic barbed T-fitting assemblies **26** (FIG. 1) that connect segments of tubing that form a lateral discharge header **28**. The discharge header **28** is connected to a barbed manual shut-off/flush valve **30** that permits selective discharge through a discharge tube **32**. During installation, the valve **30** can be opened to flush dirt and other debris that may have entered the drip lines **12** and various fittings to prevent clogging of the emitters in the drip line **12**.

[0018] The water supply header **24** (FIG. 1) is coupled through a PVC T-fitting **34**, through suitable PVC couplings **36** to a drip zone control kit **37** that includes a Y-shaped filter **38**, a solenoid actuated ON/OFF valve **40** and a pressure regulator **42**. Suitable drip zone control kits are commercially available from Hunter Industries, Inc., the assignee of the subject application, under product Nos ICZ-101, PACZ-075, and PCZ-101. The solenoid actuated valve **40** is connected via wires **44** to an electronic irrigation controller (not illustrated) such as the I-CORE® irrigation controller manufactured and sold by Hunter Industries, Inc.

[0019] A plurality of U-shaped sod stakes **46** (FIG. 2) are installed approximately eight feet apart on center over the drip lines **12** and are driven into the site soil **18** in order to anchor the irrigation mat **10** in place. A layer of material **48** is spread over the irrigation mat **10**. The material **48** may take the form of a growing medium or amended soil, preferably having a depth D of approximately ten centimeters to fifteen centimeters (approximately four to six inches) in a non-green roof application. Plants are planted in the layer of growing medium **48**. In the illustrated example, the plants are in the form of turf or sod **50** that has been laid over the top of the growing medium **48**. The growing medium **48** may include engineered materials, sand, open cell foam, or any other materials suitable for growing plants.

[0020] One example of suitable drip line **12** that may be used in the irrigation mat **10** is the PLD™ drip line manufactured and sold by Hunter Industries, Inc. The PLD drip line comprises flexible, deformable black plastic hose or tubing that includes in-line pressure compensating, non-draining, molded plastic cylindrical-shaped emitters that are installed in the plastic tubing at twelve inch, eighteen inch or twenty-four inch intervals. The emitters ensure uniform water delivery along the length of the tubing regardless of changes in elevation. The holes in the wall of the tubing through which the water is emitted preferably have a diameter in the range of between about two millimeters to about three millimeters. The PLD drip line includes a built-in check valve that prevents emitter clogging and wasteful run-off. The nominal operating pressure range of the PLD drip line is approximately fifteen pounds per square inch (PSI) to approximately fifty PSI. The emitters preferably take the form of injection molded plastic cylinders. They are molded with tortuous water paths that are dimensioned and configured to allow water to be emitted through aligned holes or perforations in the plastic tubing at relatively low flow rates of 0.4, 0.6, or 1.0 gallons per hour (GPH) when water is supplied to the PLD drip line in the nominal pressure range.

[0021] The recommended filtration for the PLD drip line to prevent clogging in the emitters is in the range of between approximately one hundred mesh to approximately one hundred and fifty mesh (100-150 Mesh). The plastic tubing of the PLD drip line is made of a suitable plastic with an inside diameter (ID) dimensioned to allow the tubing to readily flare to accept and hold seventeen millimeter barbed fittings. While the plastic tubing of the PLD drip line is normally made with a UV resistant plastic, the UV resistant additives may be left out of the plastic from which the tubing is formed when the PLD drip line is used in the irrigation mat described herein. This is because the plastic tubing is wrapped with polymer fleece material and buried in the ground, and therefore, the tubing is not exposed to the UV radiation from the Sun which would otherwise degrade the non-UV resistant plastic.

[0022] The irrigation controller turns the solenoid actuated valve **40** ON and OFF in accordance with a pre-programmed watering schedule to deliver water from a pressurized source P (FIG. 1), such as a municipal water supply or a well, through the drip zone control kit **37** to the water supply header **24**. Water is then delivered from the supply header **24** through the drip lines **12**. Water is slowly emitted from the perforated drip lines **12** and is first soaked up by the fleece casings **14** and spread along the length of the casings **14** via capillary action. The fleece casings **14** eventually become saturated with water and water is then conveyed from the fleece casings **14** in into substantially the entire area of the fleece web **16** through capillary action. Excess water eventually leaves the fleece web **16** over its entire upper surface area and is evenly dispersed throughout the root zone of the layer of amended soil **48** (FIG. 2). The roots of the grass plants that form the layer of sod **50** penetrate the layer of moist amended soil **48** so that the roots can absorb water to maintain the health of the sod **50**. This type of irrigation eliminates the evaporation often associated with overhead watering where some portion of the water may be lost into the atmosphere before it is able to soak into the soil.

[0023] In the preferred embodiment of the present invention, each square yard of the subsurface irrigation mat **10** can hold up to one gallon of water. The relatively large fleece web **16** functions as a water reservoir that ensures that water is

uniformly absorbed into the root zone across its entire area. Since the subsurface irrigation mat **10** underlies the entire root area of the sod **50**, the capillary effect of the amended soil **48** is less of a factor in proper water distribution. Because water is never on the surface of the sod **50** due to irrigation, high traffic areas in places like amusement parks, city parks, sports fields, and commercial complexes can be used all day long without the need to budget time for overhead irrigation. This method also eliminates the worry about vandalism to irrigation sprinklers.

[0024] The shape of the subsurface irrigation mat **10** can be customized to fit any area, even the oddest shaped landscape designs. To add flexibility in the installation and to accommodate very narrow strips, the perforated tubing **12** wrapped in the casing **14** may be installed in the soil as illustrated in FIG. 3 without the mat **16**. The most compact rooftops can be used to grow healthy plants and grass using the subsurface irrigation mat **10**. Irrigation with the subsurface irrigation mat **10** does not suffer from loss of water due to wind, run off or evaporation, and thus, many irrigation sites will benefit from substantial water savings compared to traditional overhead irrigation. In the irrigation mat **10** of the present invention, the fleece casings **14** that surround the drip lines **12** help reduce root intrusion into the emitters of the drip lines **12**. Fertilizers and herbicides can be advantageously delivered to the root zone via the irrigation mat **10**. The use of a fully wrapped casing **14** and a single web **16** produces a more even distribution of water from the drip tubing **12** to the mat **16**, thereby increasing the efficiency of the irrigation process and the saving of water as compared to the aforementioned U.S. Pat. No. 5,839,659 of Murray.

[0025] The term "non-woven" means that the textiles from which the casings **14** and the web **16** are made are not manufactured from yarn that is knitted or woven into a continuous pattern. Instead, the non-woven textiles are made of randomly oriented segments or fibers of polymer material preferably including recycled non-carbonated and carbonated beverage bottles made primarily of polyethylene terephthalate (PET). By way of example, not by way of limitation, the casings **14** and the web **16** can be made of Fibertex F-250 Extra polymer non-woven fleece material commercially available from Fibertex Non-wovens A/A, Svendborgvej 16, DK-9220 Aalborg, Denmark. See www.fibertex.com. This polymer fleece material is made of a mixture of polypropylene (PP), PET and polyacrylate (PAC) needled fibers. The Fibertex polymer fleece material has a weight of approximately two hundred and fifty grams per square meter, and a water capacity of approximately 1.7 liters per square meter. The Fibertex polymer fleece material has a capillary lift of 2.5 centimeters in five minutes, 3.0 centimeters in one hour, and 3.5 centimeters in twenty-four hours. Suitable non-woven polymer fleece textile materials are also commercially available from U.S. Fabrics, Inc., 1904 Virginia Avenue, Cincinnati, Ohio 45227 U.S.A., and other companies.

[0026] The irrigation mat **10** is relatively lightweight and has a predetermined thickness and flexibility so that it is capable of being rolled up on itself. The rolled configuration of the irrigation mat **10'** as illustrated diagrammatically in FIG. 5 is relatively compact, and therefore, facilitates shipping to the irrigation site. It also facilitates installation in that the rolled configuration of the subsurface irrigation mat **10'** can be placed at a desired location on the irrigation site and unrolled.

[0027] During installation at the irrigation site, the irrigation mat **10** unrolls from the roll **10'** into a long strip approximately eighty centimeters wide and one hundred meters in length providing approximately eighty square meters of coverage. The irrigation mat **10** may have drip lines **12** extending in parallel relationship and spaced approximately thirty-five centimeters apart. The drip lines **12** may have a nominal outside diameter of approximately sixteen millimeters and have in-line pressure compensating emitters longitudinally spaced apart at thirty centimeter intervals. These emitters may have a drip rate of approximately 2.2 liters per hour at water pressures of between about fifteen PSI and about fifty PSI. The drip lines **12** further include built-in check valves to prevent emitter clogging and wasteful run off.

[0028] The irrigation mat **10** could also be manufactured as a relatively narrow strip (not illustrated), with only a single drip line **12**. Multiple narrow irrigation mats could be laid side-by-side with their opposing side edges closely adjacent or overlapping, depending on the irrigation requirements of the site. Other textiles besides non-woven PET fleece may be used to form the casings **14** and the web **16**. These components may be made of non-woven textiles made of randomly oriented polypropylene or polyethylene fibers, or fibers made of a blend of polypropylene and polyethylene.

[0029] The construction of the irrigation mat **10** can be varied to suit the particular irrigation site application and/or to reduce manufacturing costs and/or increase reliability. Some of these constructions are disclosed in the aforementioned U.S. patent application Ser. No. 13/597,211 referred to above. Still others are described hereafter.

[0030] Referring to FIG. 6, the casing that surrounds the drip line **12** can take the form of an overwrap **52** of non-woven PET fleece material surrounded by interlocking helical thread stitching **54**. The longitudinal edges of the overwrap **52** overlap one another. The overwrap **52** is made of a single long rectangular shaped piece of non-woven fleece material. The location of one of the cylindrical emitters and its associated hole in the drip line **12** are both visible in FIG. 6.

[0031] Referring to FIG. 7, a web **56** of water impervious material may be adhered via adhesive **57** to the lower surface of the web **16** to reduce water absorption of the soil below the web **16**. This will encourage additional holding of water in the irrigation mat **58** and increase its function as a reservoir of water for continuous supply of water to the plants in the growing medium **48** above the irrigation mat **58**. For example, a thin layer of water impermeable material, such as synthetic rubber, could be bonded to the underside of the web **16** with rubber cement to ensure that water distributed therefrom moves upwardly into the root zone, and not downwardly where it would have no beneficial effect for the plants growing above the irrigation mat **58**. Alternatively the lower surface of the web **16** may be calendared, i.e. heated and melted via infrared radiation, ultrasonic vibration, or other suitable heating method to form a substantially water impervious web **56**.

[0032] Referring to FIG. 8, in an alternate embodiment of the irrigation mat **60** an alternate attachment means takes the form of stitching **62** that crosses over the top of the casing **14** and passes through the web **16** to secure the wrapped drip line **12** in position. Care must be taken during the application of the stitching **62** so as not to puncture the drip line **12**.

[0033] Referring to FIG. 9, in another alternate embodiment of the irrigation mat **64** a web **66** of a non-woven

polymer fleece material is secured to the casing **14** above the drip line tubing **12** via adhesive **68**.

[0034] Referring to FIG. **10**, in yet another alternate embodiment of the irrigation mat **70**, the web **16** is secured to the casing **14** below the drip line tubing **12** via adhesive **15** as in FIG. **4**. In addition, a second web **72** of a non-woven polymer fleece material is secured to the casing **14** above the drip line tubing **12** via adhesive **74**. The web **72** could also be secured to the top of the casing **14** with stitching or mechanical fasteners instead of using the adhesive **74**.

[0035] Referring to FIG. **11**, in another alternate embodiment of the irrigation mat **76** a single web **78** of non-woven polymer fleece material forms the casing **78a** and the dispersal web **78b** by use of a single row of stitching **80**. The casing **78a** and the dispersal web **78b** are thus made from a single continuous sheet of textile material that has been wrapped around the drip line **12** and joined in a seam adjacent the drip line **12**. This construction defines laterally extending portions on opposite sides of the drip line **12**.

[0036] Referring to FIG. **12**, in another alternate embodiment of the irrigation mat **82** a strip of two-sided adhesive tape **84** is used as the attachment that secures the casing **14** to the web **16**. The tape **82** may extend the full length of the casing **14** or may be applied in strips with suitable sized intervals.

[0037] Referring to FIG. **13**, in another alternate embodiment of the irrigation mat **86** the attachment that secures the casing **14** to the web **16** comprises a plurality of mechanical fasteners **88**, such as staples, rivets, snaps, ties, etc. Preferably, the mechanical fasteners **88** are made of a metal that will not oxidize in the wet environment. The mechanical fasteners **88** can also be made of plastic of suitable strength. The casing **14** and **16** may be made from separate pieces of non-woven polymer fleece material or they may be made of a single piece of this type of fabric folded and fastened together to produce the configuration illustrated in FIG. **13**.

[0038] Referring to FIG. **14**, in another alternate embodiment of the irrigation mat **90** additional webs **92** and **94** of non-woven polymer fleece material without any drip line are laminated to the underside of the web **16** with adhesive **96** and **98**. This increases the reservoir holding capacity of the irrigation mat **90** beyond that of the irrigation mat **10**. The configuration illustrated in FIG. **14** is useful in high drainage soils such as those that include a high percentage of sand.

[0039] While we have described and illustrated various embodiments of a subsurface irrigation mat, modifications and adaptation thereof will occur to persons skilled in the art. For example, the casings **14** and the web **16** need not be made out of the same textile material. One or both of these components could be made of a woven textile material some of which are marketed as "geotextiles" and "geosynthetics." However, where fibers in a woven textile material cross at right angles, lateral dispersion of water may be impaired. The casings **14** could be replaced with fleece wicking members each sandwiched between the lower portion of the circumference of the corresponding drip line **14** and the upper surface of the web **16**. The drip lines **12** may have a flattened tubular configuration sometimes referred to as drip tapes. As used herein, the term "perforated tube" includes drip tubes, drip lines and drip tapes. It also includes drip lines comprised of un-perforated segments of tube connected between emitters that have holes or orifices for discharging water. When additional layers of textile material are adhered to the web **16**, the web **56** of water impervious material may be adhered to the

lowest layer of textile material. The irrigation mat of the present invention may be used in agricultural applications, in addition to residential, commercial, golf and athletic field irrigation applications. The casing **14**, web **16** and/or stitching **54** could be impregnated with an herbicide to impede root intrusion. One suitable herbicide is Trifloraime. The configuration of the emitters can be varied or they can be eliminated completely. Therefore, the protection afforded our invention should only be limited in accordance with the following claims.

We claim:

1. A subsurface irrigation mat, comprising:
 - at least one perforated tube;
 - a web made of a first capillary textile;
 - a casing made of a second capillary textile surrounding substantially an entire circumference of the perforated tube along at least a portion of a length of the tube;
 - at least one attachment securing the casing to the web so that the casing extends across the web; and
 - a fiber size and a density of the first and second capillary textiles, and a size and spacing of a plurality of holes in the perforated tube being selected so that water leaving through the holes in to the perforated tube can saturate the casing, seep into the web from the casing, and then be carried across the web by capillary action for substantially uniform discharge from the web into a root zone of plants growing in a layer of a growing medium located above the web.
2. The irrigation mat of claim **1** wherein at least one of the first and second capillary textiles is made of a non-woven fleece material.
3. The irrigation mat of claim **2** wherein the non-woven fleece material is made of polyethylene terephthalate (PET).
4. The irrigation mat of claim **1** wherein the attachment is selected from the group consisting of adhesive, stitching, thermal bonding, sonic welding, mechanical fasteners, and stakes.
5. The irrigation mat of claim **1** wherein a plurality of tubes extend across the web in substantially parallel spaced apart fashion.
6. The irrigation mat of claim **1** wherein the perforated tube comprises drip line that includes a plurality of emitters located at predetermined longitudinal intervals that communicate with corresponding holes in the perforated tube.
7. The irrigation mat of claim **1** and further comprising a layer of a substantially water impervious material adhered to an underside of the web for limiting an amount of water that is discharged into a layer of site soil below the irrigation mat.
8. The irrigation mat of claim **1** wherein the first and second capillary textiles are made of the same material.
9. The irrigation mat of claim **1** wherein the first and second capillary textiles are made from a material selected from the group consisting of polyethylene, polypropylene, a mixture of polyethylene and polypropylene, and polyethylene terephthalate (PET).
10. The irrigation mat of claim **1** where the web forms a water holding reservoir.
11. The irrigation mat of claim **10** and further comprising a second layer of a capillary textile adhered to an underside of the web for increasing a water holding capacity of the irrigation mat.
12. A subsurface irrigation mat, comprising:
 - at least one perforated tube;
 - a web made of a capillary textile;

the web wrapped around the perforated tube and secured to itself to thereby form a casing around at least a portion of the perforated tube; and

a fiber size and a density of the capillary textile, and a size and spacing of a plurality of holes in the perforated tube being selected so that water leaving through the holes in the perforated tube can saturate the casing, seep into the web from the casing, and then be carried across the web by capillary action for substantially uniform discharge from the web into a root zone of plants growing in a layer of growing medium located above the web.

13. The irrigation mat of claim **12** wherein the capillary textiles are made of a non-woven fleece material.

14. The irrigation mat of claim **12** wherein the attachment is selected from the group consisting of adhesive, stitching, thermal bonding, sonic welding, mechanical fasteners, and stakes.

15. The irrigation mat of claim **12** wherein a plurality of tubes extend across the web in substantially parallel spaced apart fashion.

16. The irrigation mat of claim **12** wherein the perforated tube comprises drip line that includes a plurality of emitters located at predetermined longitudinal intervals that communicate with corresponding holes in the perforated tube.

17. The irrigation mat of claim **12** and further comprising a layer of a substantially water impervious material adhered to

an underside of the web for limiting an amount of water that is discharged into a layer of site soil below the irrigation mat.

18. The irrigation mat of claim **12** and further comprising at least one additional layer of a capillary textile adhered to an underside of the web for increasing a water holding capacity of the irrigation mat.

19. The irrigation mat of claim **12** and further comprising a layer of a substantially water impervious material adhered to an underside of the web for limiting an amount of water that is discharged into a layer of site soil below the irrigation mat.

20. A subsurface irrigation mat, comprising:

a plurality of perforated tubes;

a plurality of emitters located at longitudinally spaced intervals within the tubes, each emitter limiting the flow of water through an associated hole in one of the tubes;

a web made of a non-woven polymer fleece material;

a plurality of casings, each casing made of the non-woven polymer fleece material and surrounding substantially an entire circumference of a corresponding one of the perforated tubes along at least a portion of a length of the corresponding tube; and

at least one attachment securing each casing to the web so that the casing extends across the web and so that the tubes extend in a spaced apart fashion.

* * * * *

PATENTE N° 7

WATERING MAT FOR SUPPLYING FLUIDS FOR THE ROOT
REGION OS PLANTS AND WATERINIG SYSTEM

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. Februar 2009 (05.02.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/015911 A3

(51) Internationale Patentklassifikation:
A01G 25/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/051657

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Februar 2008 (12.02.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 036 018.7 30. Juli 2007 (30.07.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **IGG-INTERNATIONALE GEOTEXTIL
GESELLSCHAFT MBH** [DE/DE]; Am Bahnhof 54,
27239 Twistringen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HELBIG, Reinhard**

[DE/DE]; Heinrich-Heine-Weg 4, 09353 Oberlungwitz
(DE). **ARNOLD, Rolf** [DE/DE]; Am Wehr 9, 01257
Dresden (DE). **HAUB, Dietmar, Konrad** [DE/DE];
Hochdoberner Weg 38, 65520 Bad Camberg (DE).
ROESS, Thomas [DE/DE]; Buschweg 3, 27239 Twistrin-
gen (DE).

(74) Anwälte: **EISENFÜHR, SPEISER + PARTNER** usw.;
Postfach 10 60 78, 28060 Bremen (DE).

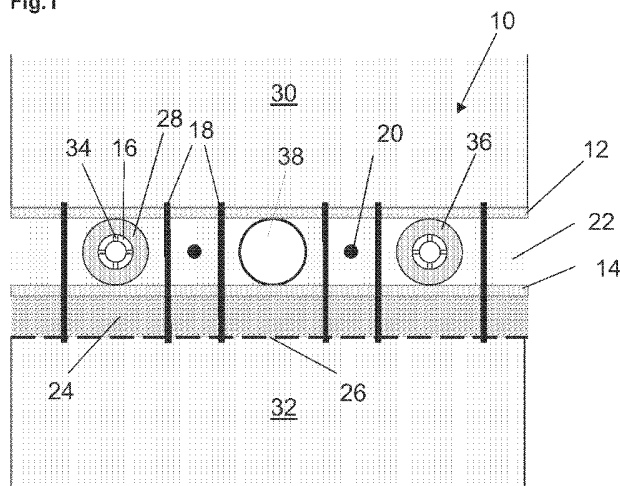
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,
MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: WATERING MAT FOR THE LARGE-AREA DISTRIBUTION OF WATER

(54) Bezeichnung: BEWÄSSERUNGSMATTE ZUR GROSSFLÄCHIGEN VERTEILUNG VON WASSER

Fig.1



(57) Abstract: The invention relates to a watering mat for the large-area distribution of water, in particular in horticulture and landscaping and also in agriculture, comprising a first and a second carrier layer (12, 14) for accommodating elements belonging to the watering mat, one or more connections (18) for connecting the first and the second carrier layer (12, 14), one or more water-feeding elements (16) arranged between the first and the second carrier layer (12, 14) and intended for feeding water into the watering mat and distributing water in the watering mat, and an absorption layer (22) for water storage that is arranged between the first and the second carrier layer (12, 14), characterized by means (20) for detecting the degree of moisture in the watering mat.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Bewässerungsmatte zur großflächigen Verteilung von Wasser insbesondere im Garten- und Landschaftsbau sowie in der Landwirtschaft mit einer ersten und einer zweiten Trägerschicht (12, 14) zum Aufnehmen von zur Bewässerungsmatte

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2009/015911 A3



PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(88) **Veröffentlichungsdatum des internationalen**

Recherchenberichts:

2. April 2009

gehörigen Elementen, einer oder mehr Verbindungen (18) zum Verbinden der ersten und der zweiten Trägerschicht (12, 14), einem oder mehr zwischen der ersten und der zweiten Trägerschicht (12, 14) angeordneten Wasserzufuhrelementen (16) zum Zuführen von Wasser in die Bewässerungsmatte und Verteilen von Wasser in der Bewässerungsmatte, und einer zwischen der ersten und der zweiten Trägerschicht (12, 14) angeordneten Absorptionsschicht (22) zur Wasserspeicherung, gekennzeichnet durch Mittel (20) zur Detektierung des Feuchtigkeitsgrades in der Bewässerungsmatte.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/051657

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. A01G25/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A01G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 02/082888 A (SAECHSISCHES TEXTILFORSCH INST [DE]; ARNOLD ROLF [DE]; HUFNAGEL EVELIN) 24 October 2002 (2002-10-24) the whole document	1-8, 12, 15
Y	DE 25 25 114 A1 (FRAENK ISOLIERROHR & METALL) 9 December 1976 (1976-12-09) pages 11-14; figure 1	1-7
Y	WO 2007/053862 A (BIOS4 SYSTEMIC SUSTAINABILITY [AT]; STAUDINGER MARKUS [AT]) 18 May 2007 (2007-05-18) the whole document	8
Y	DE 40 24 405 A1 (MEULEN ALFRED V D [AT]) 6 February 1992 (1992-02-06) the whole document	12
	----- -/-- -----	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 Oktober 2008

Date of mailing of the international search report

27/01/2009

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Simson, Guenter

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/051657

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 471 740 A (SOMMER EXPL [FR]) 26 June 1981 (1981-06-26) pages 3-5 -----	15
A	US 6 712 552 B1 (KEPLER WILLIAM F [US] ET AL) 30 March 2004 (2004-03-30) the whole document -----	1-23
A	DE 32 38 073 A1 (CUSTOS ELECTRONIC AG [CH]) 1 December 1983 (1983-12-01) the whole document -----	24-27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2008/051657

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see the supplemental sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

see following sheets

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1, 24, 26 and 2-23, 25, 27 and 30-35 when referring back to 1, 24 or 26

Claim 1:

Watering mat comprising two carrier layers,
water-feeding elements disposed therebetween and an absorption layer,
and means for detecting the degree of moisture in the mat.

Claim 24:

Watering system with a mat,
the mat comprising means for detecting the degree of moisture in the mat,
and a feeding device, devices for measuring quantity, salt content and weather-related
data, an output unit and a control unit.

Claim 26:

Watering method, comprising
the distribution of water with a watering mat, the detection of the degree of moisture in
the mat, the supply of water, the determination of the salt content and the quantity of
water supplied, the measurement of weather-related data, documentation, and
processing of data and generation of control signals.

2. Claim 28

Control system comprising programming means for the processing of information
regarding the operation of a watering mat, the salt content, the quantity of water
supplied and weather-related data, for documenting the information and generating
control signals.

3. Claim 29

Watering mat comprising two carrier layers, connections for the carrier layers and
water-feeding elements disposed between the carrier layers, wherein the layers are
made of different materials and differ in their water-absorption capacity, the upper layer
having a higher water-absorption capacity.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2008/051657

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02082888	A	24-10-2002	DE 10118643 A1 EP 1420627 A1 ZA 200300300 A	24-10-2002 26-05-2004 13-04-2004
DE 2525114	A1	09-12-1976	NONE	
WO 2007053862	A	18-05-2007	AT 502035 A4	15-01-2007
DE 4024405	A1	06-02-1992	NONE	
FR 2471740	A	26-06-1981	NONE	
US 6712552	B1	30-03-2004	NONE	
DE 3238073	A1	01-12-1983	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/051657

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. A01G25/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
A01G

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 02/082888 A (SAECHSISCHES TEXTILFORSCH INST [DE]; ARNOLD ROLF [DE]; HUFNAGEL EVELIN) 24. Oktober 2002 (2002-10-24) das ganze Dokument -----	1-8, 12, 15
Y	DE 25 25 114 A1 (FRAENK ISOLIERROHR & METALL) 9. Dezember 1976 (1976-12-09) Seiten 11-14; Abbildung 1 -----	1-7
Y	WO 2007/053862 A (BIOS4 SYSTEMIC SUSTAINABILITY [AT]; STAUDINGER MARKUS [AT]) 18. Mai 2007 (2007-05-18) das ganze Dokument -----	8
Y	DE 40 24 405 A1 (MEULEN ALFRED V D [AT]) 6. Februar 1992 (1992-02-06) das ganze Dokument ----- -/--	12

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
 - *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
 - *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
 - *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
 - *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
 - *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- * & * Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Oktober 2008

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/01/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Simson, Guenter

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/051657

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 2 471 740 A (SOMMER EXPL [FR]) 26. Juni 1981 (1981-06-26) Seiten 3-5 -----	15
A	US 6 712 552 B1 (KEPLER WILLIAM F [US] ET AL) 30. März 2004 (2004-03-30) das ganze Dokument -----	1-23
A	DE 32 38 073 A1 (CUSTOS ELECTRONIC AG [CH]) 1. Dezember 1983 (1983-12-01) das ganze Dokument -----	24-27

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/051657

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

siehe Folgeseiten

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1,24,26 sowie 2-23,25,27 und 30-35 wenn auf 1,24 oder 26 rückbezogen

Anspruch 1:

Bewässerungsmatte mit zwei Trägerschichten, dazwischenliegenden Wasserzufuhrelementen sowie Absorptionsschicht, mit Mitteln zur Detekierung des Feuchtigkeitsgrades in der Matte.

Anspruch 24:

Bewässerungssystem mit einer Matte, wobei die Matte Mittel zur Detektierung des Feuchtigkeitsgrades in der Matte aufweist, sowie einer Fördereinrichtung, Messvorrichtungen für Menge, Salzgehalt und wetterbezogene Daten, einer Ausgabeeinheit und einer Steuereinheit.

Anspruch 26:

Verfahren zur Bewässerung, umfassend Verteilen von Wasser mit einer Bewässerungsmatte, Detektieren des Feuchtigkeitsgrades in der Matte, sowie Zuführen von Wasser, Bestimmen des Salzgehaltes und der Menge des zugeführten Wassers, Messen von wetterbezogenen Daten, Dokumentieren, Verarbeiten von Daten und Erzeugen von Steuerungssignalen.

2. Anspruch: 28

Steuerungssystem mit Programmmitteln für das Verarbeiten von Informationen betreffend den Betrieb einer Bewässerungsmatte, den Salzgehalt und die Menge des zugeführten Wassers sowie wetterbezogene Daten, für das Dokumentieren der Informationen und für das Erzeugen von Steuerungssignalen

3. Anspruch: 29

Bewässerungsmatte mit zwei Trägerschichten, Verbindungen für die Trägerschichten und zwischen den Trägerschichten angeordneten Wasserzufuhrelementen, wobei die Schichten aus unterschiedlichen Materialeien bestehen und sich hinsichtlich des Wasseraufnahmevermögens unterscheiden und wobei die obere Schicht ein grösseres Wasseraufnahmevermögen aufweist.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/051657

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 02082888	A	24-10-2002	DE 10118643 A1	24-10-2002
			EP 1420627 A1	26-05-2004
			ZA 200300300 A	13-04-2004

DE 2525114	A1	09-12-1976	KEINE	

WO 2007053862	A	18-05-2007	AT 502035 A4	15-01-2007

DE 4024405	A1	06-02-1992	KEINE	

FR 2471740	A	26-06-1981	KEINE	

US 6712552	B1	30-03-2004	KEINE	

DE 3238073	A1	01-12-1983	KEINE	

ANEXOS

ANEXO 2. FICHA TÉCNICA MANTAS DE RIEGO COMERCIALES

EVALUACIÓN DE MANTAS DE RIEGO FABRICADAS CON MATERIAL RECICLABLE

Autor: Alaitz Aldaz Lusarreta

Directores: Miguel Ángel Campo Bescos
Rafael Giménez Díaz

Septiembre, 2017



2. ANEXO 2. FICHA TÉCNICA MANTAS DE RIEGO COMERCIALES

FICHA TÉCNICA DE MANTA DE RIEGO SUBSUPERFICIAL			<div>upna</div> <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>
Manta de Riego Dripitex			
FICHA ELABORADA POR:	Alaitz Aldaz Lusarreta	FECHA DE REALIZACIÓN:	15/08/2017
MARCA:	Aquanea	APLICACIÓN:	Bajo césped. Jardinería y paisajismo. Sector agrícola.
CARACTERÍSTICAS		FOTOGRAFÍA DE LA MANTA DE RIEGO	
<ul style="list-style-type: none">- Permite un ahorro de hasta un 70% de agua en proyectos de riego.- En el sector de la jardinería y el paisajismo en zonas de clima árido y semiárido, dado que en los suelos arenosos de estas regiones, el efecto de ahorro de agua es muy significativo.- Vegetación de márgenes y medianas de carreteras y avenidas además de vegetación de rotondas.- También en el sector agrícola hay numerosos campos de aplicación como, por ejemplo, el cultivo de fresas y viñedos.- Sistemas de vegetación de tejados, con el fin de posibilitar un riego óptimo, incluso en capas de sustrato mínimas, y para elevar la capacidad de retención de agua en los tejados vegetados. La Manta de riego Dripitex permite la vegetación de tejados incluso en zonas de clima cálido.- Vegetación de pendientes, incluso en proyectos considerados extremadamente difíciles para el riego.- Los estadios de fútbol se pueden ahorrar algún cambio de césped gracias a la mejora en el crecimiento de las raíces.		<div>La manta textil de riego subsuperficial Dripitex, patentada internacionalmente, representa una verdadera innovación en las técnicas de riego: tubos de polietileno con goteadores integrados y compensación de presión, envueltos en primer lugar con un vellón textil de polipropileno y posteriormente cosidos dentro de otras dos capas del material sin tejer. Siendo la única función de los tubos de goteo, el llenado de la manta de riego con agua. El verdadero riego se realiza mediante el efecto de saturación de agua del tejido y la acción de capilaridad resultante, que suministra agua directamente a las raíces de manera uniforme.</div> <div></div>	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Caudal por gotero		2,2 l/h	
Caudal por m²		15 l/h	
Medidas de la manta			
Rollo		0,80 m ancho x 75 m largo (60m²)	
Manta instalada		0,70 m ancho x 75 m largo	
Presión de trabajo		1 – 4 bar	
Separación entre emisores		30 cm	
Separación entre líneas		35 cm	

FICHA TÉCNICA DE MANTA DE RIEGO SUBSUPERFICIAL			
ECO-MAT 16 y ECO-MAT 17			
FICHA ELABORADA POR:	Alaitz Aldaz Lusarreta	FECHA DE REALIZACIÓN:	15/08/2017
MARCA	Hunter	APLICACIÓN	Bajo césped. Arbustos y jardines
CARACTERÍSTICAS		FOTOGRAFÍA DE LA MANTA DE RIEGO	
<ul style="list-style-type: none">- Ahorro de agua con una uniformidad de distribución cercana al 100%.- Promueve raíces más saludables.- Elimina las salpicaduras en la acera, edificios o vehículos- Perfecto para regar áreas difíciles.- Utilizar junto con conectores PLD-Loc o conectores dentados PLD.- Combinación única de tubería con goteros integrados y manta de riego para lograr una distribución sin igual.- Separación entre goteros de 30 cm con espacio entre filas de 35 cm.- Caudal por emisor de 2,2 l/h, 0,13 m³/h.- Capacidad de almacenamiento de agua de 1,89 l/m².- Válvula antidrenaje incorporada; evita la descarga del emisor hasta desniveles de 1,5 m.- Se recomienda su uso junto con los kits de control de goteo Hunter- Para maximizar el ahorro de agua, se recomienda su uso junto con un sensor Soil-Clik® de Hunter.- Período de garantía: 5 años.			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
	16 mm	17 mm	
Caudal	2,2 l/h	2,2 l/h	
Longitud de bobina	100 m	90 m	
Ancho	0,80 m	0,80 m	
m²	80	60	
Presión de trabajo	De 1,0 a 3,5 bar	De 1,0 a 3,5 bar	
Separación entre emisores	30 cm	30 cm	
Separación entre líneas	35 cm	35 cm	

FICHA TÉCNICA DE MANTAS DE RIEGO SUBSUPERFICIAL			
Vivapol Manta Subterránea			
FICHA ELABORADA POR:	Alaitz Aldaz Lusarreta	FECHA DE REALIZACIÓN:	15/08/2017
MARCA:	Reimann Emsdetten	APLICACIÓN:	Bajo césped. Jardinería y paisajismo.
CARACTERÍSTICAS		FOTOGRAFÍA DE LA MANTA DE RIEGO	
<ul style="list-style-type: none"> - Protege césped y bancales de secar. - Efecto doble: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Retención de agua de la manta (3 l/m²) ▪ Evita la pérdida del agua como barrera - Distribución uniforme de agua en el suelo (horizontal). - Flujo capilar: estimulación del crecimiento por la absorción de agua "abajo hacia arriba". - Actúa como una esponja no acumulación de agua en el suelo. 		 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Césped</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Bancales (flores y plantas)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Bancales (árboles)</p> </div> </div>	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Caudal por gotero		2,2 l/h	
Capacidad de retención de agua		3 l/m ²	
Medidas de la manta			
	Rollo 1	0,5 m ancho x 1 m largo	
	Rollo 2	0,5 m ancho x 1,25 m largo	
	Rollo 3	0,5 m ancho x 1,50 m largo	
	Rollo 4	0,5 m ancho x 1,60 m largo	
	Rollo 5	0,5 m ancho x 1,80 m largo	
	Rollo 6	0,5 m ancho x 2 m largo	
	Rollo 7	0,5 m ancho x 2,20 m largo	
	Rollo 8	0,5 m ancho x 4,25 m largo	

FICHA TÉCNICA DE MANTA DE RIEGO SUBSUPERFICIAL			
KISSS Rolls			
FICHA ELABORADA POR:	Alaitz Aldaz Lusarreta	FECHA DE REALIZACIÓN:	15/08/2017
MARCA:	KISSS sub-surface irrigation	APLICACIÓN:	Bajo césped. Jardinería y paisajismo. Sector de la agricultura.
CARACTERÍSTICAS		FOTOGRAFÍA DE LA MANTA DE RIEGO	
<ul style="list-style-type: none"> - Tecnología diseñada específicamente para el riego subterráneo en todas las texturas del suelo, desde arenas del desierto hasta arcillas pesadas. - Proporciona un ahorro de agua de entre el 50 y 75 %. - Permite el uso de agua reciclada o tratada, suministrándola de manera uniforme. - Gracias a esta tecnología se consiguen reducir los costes de mantenimiento. - Se instala a una distancia de 15-20 cm por debajo de la superficie del terreno. - Solución permanente si se mantiene correctamente. - Intrusión mínima de raíces en manta y goteros. 			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Caudal por gotero		2,2 l/h	
Capacidad de retención de agua		3 l/m ²	
Medidas de la manta			
Rollo pequeño		Desde 0,5 m ancho x 1 m largo hasta 0,5 m ancho x 1,50 m largo	
Rollo mediano		Desde 0,5 m ancho x 2 m largo hasta 0,5 m ancho x 3,50 m largo	
Rollo grande		Desde 0,5 m ancho x 4 m largo hasta 0,5 m ancho x 8 m largo	

FICHA TÉCNICA DE MANTA DE RIEGO SUBSUPERFICIAL			
ProctorGeo EcoRain			
FICHA ELABORADA POR:	Alaitz Aldaz Lusarreta	FECHA DE REALIZACIÓN:	15/08/2017
MARCA:	DCtech	APLICACIÓN:	Bajo césped. Jardinería y paisajismo. Campos de golf y campos de fútbol.
CARACTERÍSTICAS		FOTOGRAFÍA DE LA MANTA DE RIEGO	
<ul style="list-style-type: none"> - Proporciona un ahorro de agua del 70 %. - Suministra el agua directamente en las raíces de manera uniforme. - Limita la evaporación. - Alta capacidad de almacenamiento de agua. - Aún mayor efecto de ahorro de agua si riego funciona durante la noche. - Reducción de la erosión del suelo. - Extremadamente buena penetración de la raíz, prevención del agua estancada y por tanto menor riesgo de plaga afectiva. - Este tipo de mantas de riego son muy utilizadas en terrenos con elevadas pendientes. 			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Caudal por gotero	2,2 l/h		
Capacidad de retención de agua	4 l/m ²		
Distancia entre goteros	0,35 m		
Medidas de la manta	0,80 m ancho x 0,75 m largo (60m ²)		
Presión de trabajo	1 – 4 bar		
Peso de la manta			
Peso en seco	1.000 g		
Peso en húmedo (saturación)	5.100 g		

ANEXOS

ANEXO 3. RESULTADOS PRUEBA HUMECTACIÓN DEL MATERIAL CELULÓSICO

EVALUACIÓN DE MANTAS DE RIEGO FABRICADAS CON MATERIAL RECICLABLE

Autor: Alaitz Aldaz Lusarreta

Directores: Miguel Ángel Campo Bescos
Rafael Giménez Díaz

Septiembre, 2017

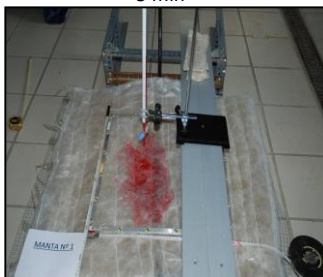
3. ANEXO 3. RESULTADOS PRUEBA HUMECTACIÓN DEL MATERIAL CELULÓSICO

Tabla 1. Dispersión del agua en la manta durante la prueba de humectación.

	Manta 1: <i>Entramado irregular</i>		Manta 2: <i>Entramado reticular de baja densidad</i>		MANTA 3: <i>Entramado reticular de alta densidad</i>		MANTA 4: <i>Manta geotextil</i>	
Tiempo (min)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)
1	12,0	21,0	15,0	16,0	7,0	21,0	2,0	6,0
2	14,0	22,5	27,0	25,0	8,0	23,0	5,0	11,0
3	16,0	32,0	27,0	26,0	9,5	25,0	5,5	13,0
4	17,0	36,0	28,0	28,0	12,0	27,0	7,0	18,0
5	20,0	40,0	28,5	31,0	15,0	27,5	9,0	22,0
6	21,0	41,0	28,5	31,0	16,0	27,5	11,0	25,0
7	24,0	44,0	30,0	32,0	22,0	28,5	12,0	26,0
8	25,0	45,0	30,0	34,0	25,0	29,5	12,0	27,0
9	26,0	45,0	30,0	34,0	25,0	30,0	12,5	27,5
10	26,0	45,0	30,0	34,5	25,0	30,0	13,0	28,0
11	26,5	46,0	30,5	35,0	25,5	30,5	13,5	28,0
12	26,5	46,0	31,0	35,5	25,5	31,0	14,5	28,5
13	26,5	46,5	31,0	35,5	26,0	31,5	15,5	28,5
14	26,5	46,5	31,5	36,0	27,0	32,0	16,0	28,5
15	27,0	47,0	32,0	36,0	27,0	33,0	16,5	28,5
16	27,0	47,0	32,5	36,5	28,0	33,5	17,0	29,0
17	27,0	47,0	33,0	37,0	28,5	34,0	17,5	29,0
18	27,5	47,5	33,0	37,5	28,5	34,5	17,5	29,5
19	28,0	48,0	35,0	38,0	28,5	35,0	17,5	29,5
20	28,0	48,0	35,0	38,0	29,0	35,5	18,0	29,5
21	28,0	48,5	35,0	38,3	29,0	36,0	18,0	29,5
22	28,0	48,5	35,5	38,5	29,5	36,0	18,0	30,0
23	28,5	49,0	35,5	38,5	30,0	36,0	18,5	30,0
24	28,5	49,0	35,7	38,5	30,0	36,0	19,0	30,5
25	29,0	49,0	36,0	39,0	30,5	36,5	19,5	30,5
26	29,0	49,0	36,5	39,0	30,5	36,5	19,5	31,0
27	29,5	49,5	36,5	39,5	31,0	36,5	19,5	31,0
28	29,5	49,5	37,0	40,0	31,0	37,0	19,5	31,0
29	30,0	50,0	37,0	40,5	31,5	37,0	19,5	31,0
30	30,5	51,0	37,5	41,0	32,0	37,5	19,5	31,0
60	31,0	54,0	38,0	48,0	39,0	43,0	19,5	31,0
120	31,5	56,0	41,0	50,0	39,0	43,0	19,5	31,0
180	31,5	56,0	41,0	52,0	39,0	43,0	19,5	31,0

Manta de material reciclable con entramado irregular:

5 min



Manta de material reciclable con entramado irregular:

10 min



Manta de material reciclable con entramado irregular:

15 min



Manta de material reciclable con entramado irregular:

20 min



Manta de material reciclable con entramado irregular:

25 min



Manta de material reciclable con entramado irregular:

30 min



Manta de material reciclable con entramado irregular:

120 min



Manta de material reciclable con entramado irregular:

1 día



Figura 1. Evolución de la dispersión del agua en manta de riego con entramado irregular.

Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad:

5 min



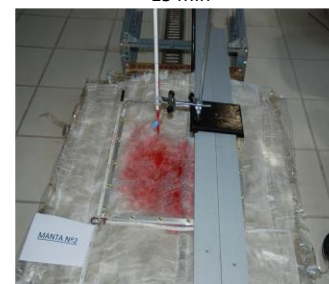
Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad:

10 min



Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad:

15 min



Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad:

20 min



Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad:

25 min



Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad:

30 min



Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad:

120 min



Manta de material reciclable con entramado reticular de baja densidad:

1 día



Figura 2. Evolución de la dispersión del agua en manta de riego con entramado regular de baja densidad.

**Manta de material reciclable con entramado
reticular de alta densidad:**

5 min



**Manta de material reciclable con entramado
reticular de alta densidad:**

10 min



**Manta de material reciclable con entramado
reticular de alta densidad:**

15 min



**Manta de material reciclable con entramado
reticular de alta densidad:**

20 min



**Manta de material reciclable con entramado
reticular de alta densidad:**

25 min



**Manta de material reciclable con entramado
reticular de alta densidad:**

30 min



**Manta de material reciclable con entramado
reticular de alta densidad:**

120 min



**Manta de material reciclable con entramado
reticular de alta densidad:**

1 día



Figura 3. Evolución de la dispersión del agua en manta de riego con entramado regular de alta densidad.

Manta geotextil (polipropileno):

5 min



Manta geotextil (polipropileno):

10 min



Manta geotextil (polipropileno):

15 min



Manta geotextil (polipropileno):

20 min



Manta geotextil (polipropileno):

25 min



Manta geotextil (polipropileno):

30 min



Manta geotextil (polipropileno):

120 min



Manta geotextil (polipropileno):

4 día



Figura 4. Evolución de la dispersión del agua en manta de riego geotextil.

ANEXOS

ANEXO 4. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE LOS TRATAMIENTOS

EVALUACIÓN DE MANTAS DE RIEGO FABRICADAS CON MATERIAL RECICLABLE

Autor: Alaitz Aldaz Lusarreta

Directores: Miguel Ángel Campo Bescos
Rafael Giménez Díaz

Septiembre, 2017

4. ANEXO 4. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE LOS TRATAMIENTOS

Tratamiento 1: Microparcela con riego, sin manta Repetición 1



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 1: Microparcela con riego, sin manta
Repetición 2



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 1: Microparcela con riego, sin manta
Repetición 3



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana

Tratamiento 2: Manta de riego con entramado reticular de baja densidad
Repetición 1



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 2: Manta de riego con entramado reticular de baja densidad
Repetición 2



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



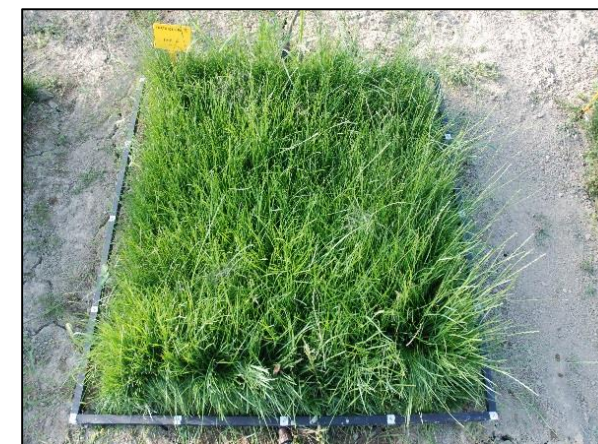
6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 2: Manta de riego con entramado reticular de baja densidad
Repetición 3



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana

Tratamiento 3: Manta de riego con entramado reticular de alta densidad
Repetición 1



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 3: Manta de riego con entramado reticular de alta densidad
Repetición 2



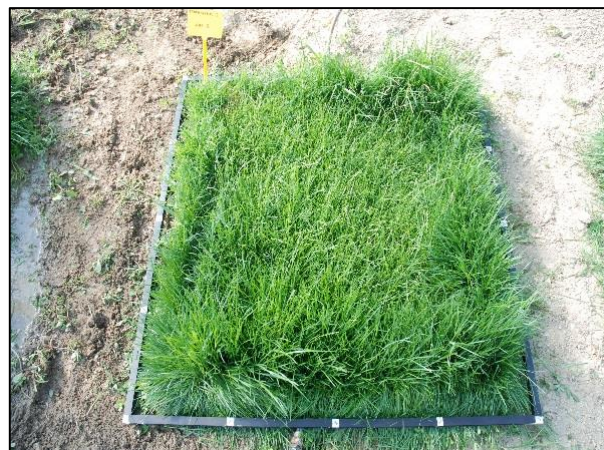
1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 3: Manta de riego con entramado reticular de alta densidad
Repetición 3



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana

Tratamiento 4: Manta de riego con entramado irregular de alta densidad
Repetición 1



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 4: Manta de riego con entramado irregular de alta densidad
Repetición 2



1ª semana



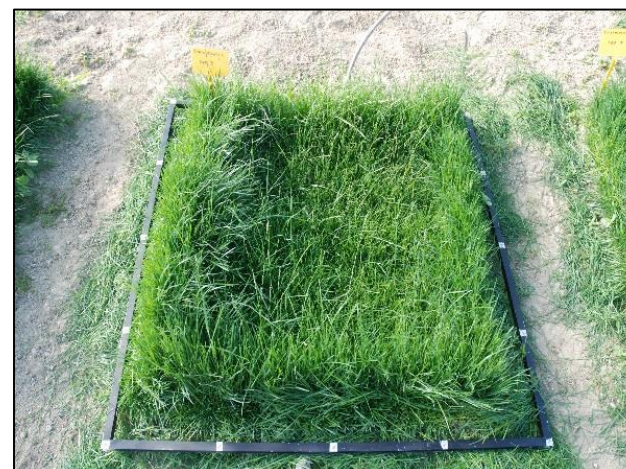
2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 4: Manta de riego con entramado irregular de alta densidad
Repetición 3



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana

Tratamiento 5: Manta de riego geotextil (polipropileno)
Repetición 1



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 5: Manta de riego geotextil (polipropileno)
Repetición 2



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

Tratamiento 5: Manta de riego geotextil (polipropileno)
Repetición 3



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana

Tratamiento 6: Microparcela sin riego ni manta



1ª semana



2ª semana



3ª semana



4ª semana



5ª semana



6ª semana



7ª semana



8ª semana



9ª semana

ANEXOS

ANEXO 5. PROCESADO DE IMÁGENES. ANÁLISIS CUALITATIVO DEL CRECIMIENTO VEGETAL

EVALUACIÓN DE MANTAS DE RIEGO FABRICADAS CON MATERIAL RECICLABLE



















Autor: Alaitz Aldaz Lusarreta

Directores: Miguel Ángel Campo Bescos
Rafael Giménez Díaz

Septiembre, 2017

5. ANEXO 5. PROCESADO DE IMÁGENES. ANÁLISIS CUALITATIVO DEL CRECIMIENTO VEGETAL

5.1 EVOLUCIÓN DE LA REPETICIÓN 2 EN CADA TRATAMIENTOS

	3ª semana	6ª semana	9ª semana
Tratamiento 1: <i>Microparcela sin manta de riego</i>			
Tratamiento 2: <i>Manta de riego con entramado reticular de baja densidad</i>			
Tratamiento 3: <i>Manta de riego con entramado reticular de alta densidad</i>			
Tratamiento 4: <i>Manta de riego con entramado irregular</i>			
Tratamiento 5: <i>Manta de riego geotextil</i>			
Tratamiento 6: <i>Microparcela sin riego</i>			

5.2 PRIMER CORTE REALIZADO EN EL LATERAL DE CADA MICROPARCELA DE ENSAYO



Tratamiento 1



Tratamiento 2



Tratamiento 3



Tratamiento 4



Tratamiento 5

5.3 SEGUNDO CORTE REALIZADO EN LA PARTE CENTRAL DE CADA MICROPARCELA. VISTA ALZADO.



Tratamiento 1



Tratamiento 2



Tratamiento 3



Tratamiento 4



Tratamiento 5

5.4 SEGUNDO CORTE REALIZADO EN LA PARTE CENTRAL DE CADA MICROPARCELA. VISTA PLANTA.



Tratamiento 2



Tratamiento 3



Tratamiento 4



Tratamiento 5

5.5 DETALLE RADICULAR DE CADA TRATAMIENTO



Tratamiento 1



Tratamiento 2



Tratamiento 3



Tratamiento 4



Tratamiento 5

ANEXOS

ANEXO 6. PROCESADO DE IMÁGENES. ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL CRECIMIENTO VEGETAL

EVALUACIÓN DE MANTAS DE RIEGO FABRICADAS CON MATERIAL RECICLABLE

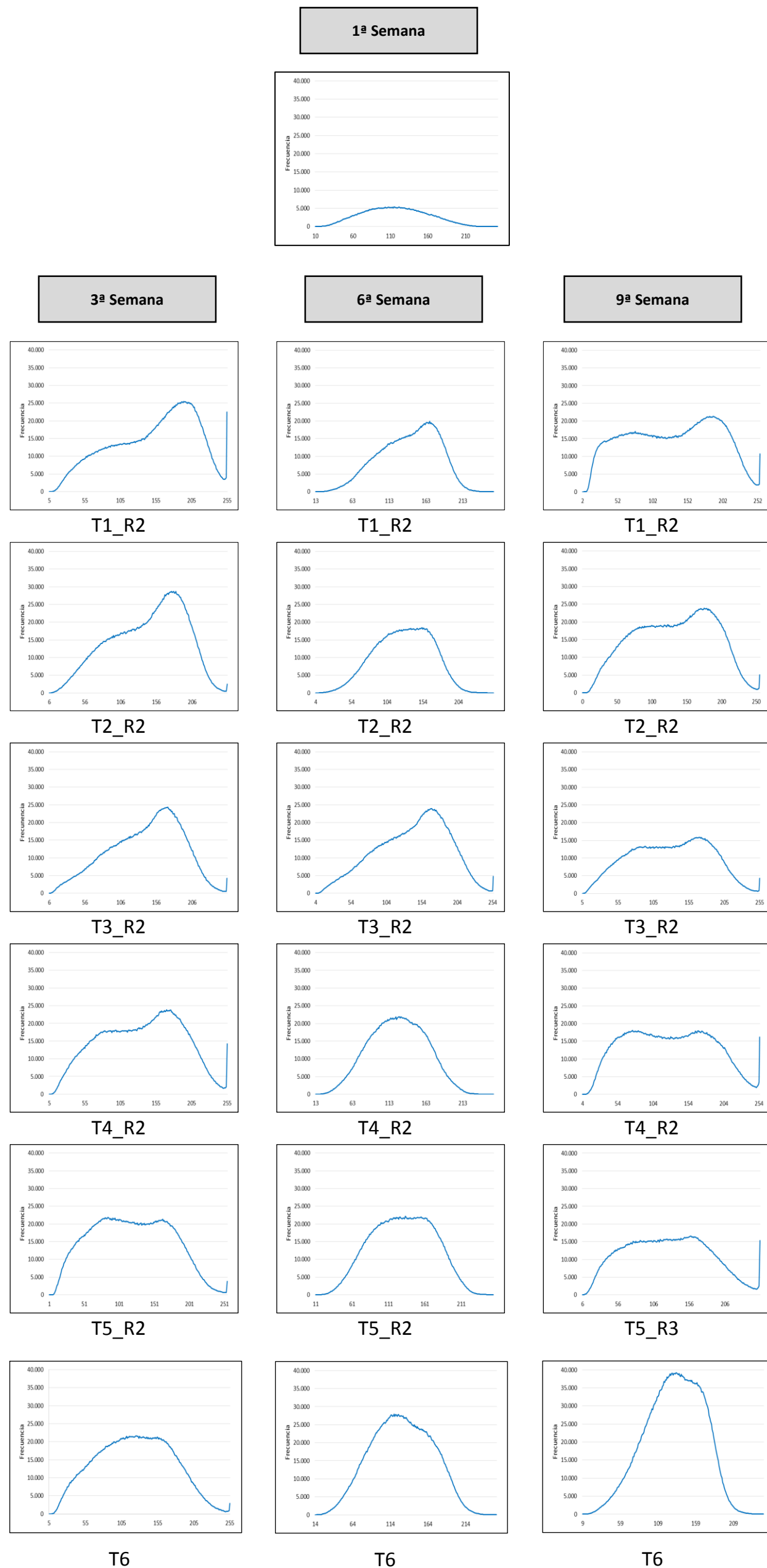
Autor: Alaitz Aldaz Lusarreta

Directores: Miguel Ángel Campo Bescos
Rafael Giménez Díaz

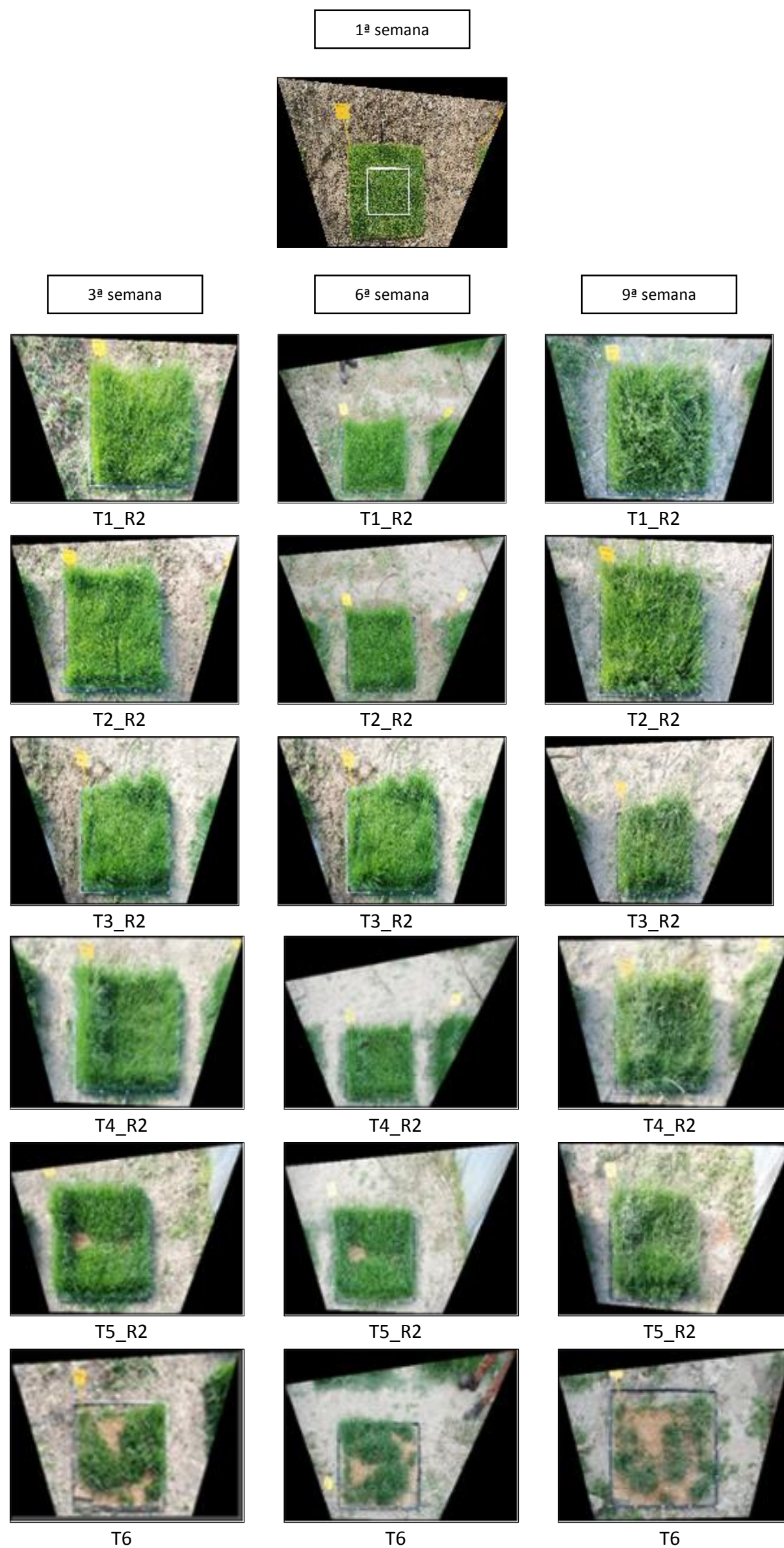
Septiembre, 2017

6. ANEXO 6. PROCESADO DE IMÁGENES. ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL CRECIMIENTO VEGETAL

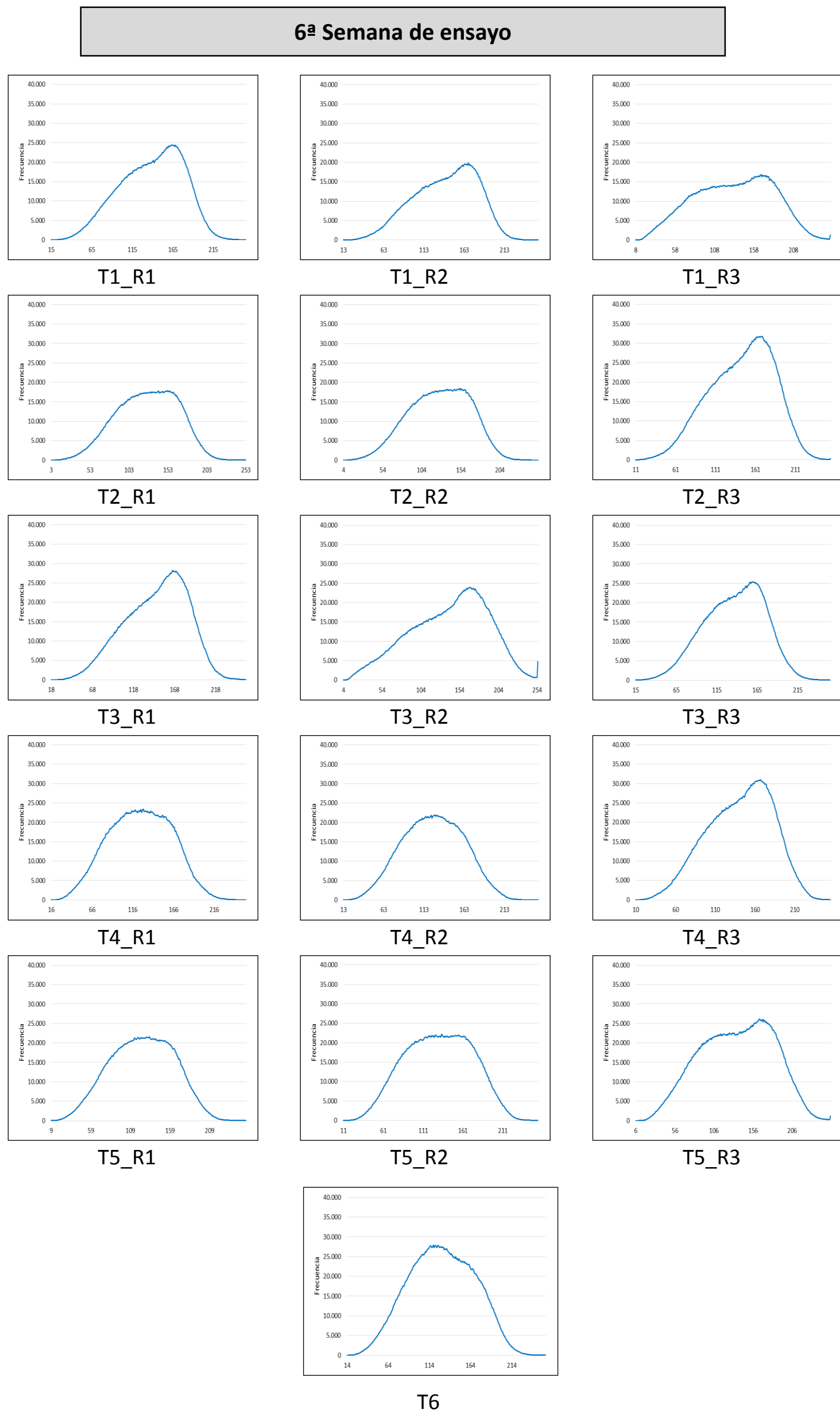
6.1 EVOLUCIÓN TRATAMIENTOS. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE TONOS DE VERDE (G) DEL ESPECTRO VISIBLE



6.2 EVOLUCIÓN TRATAMIENTOS. IMÁGENES RGB RECTIFICADAS.



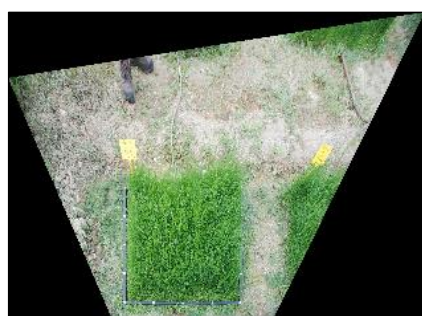
6.3 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE TONOS DE VERDE (G) DEL ESPECTRO VISIBLE (6ª SEMANA DE EXPERIMENTACIÓN)



6.4 IMÁGENES RGB RECTIFICADAS DE LA 6ª SEMANA DE EXPERIMENTACIÓN



T1_R1



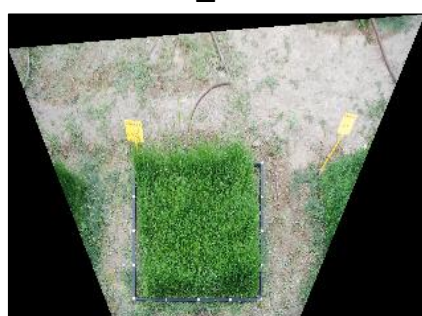
T1_R2



T1_R3



T2_R1



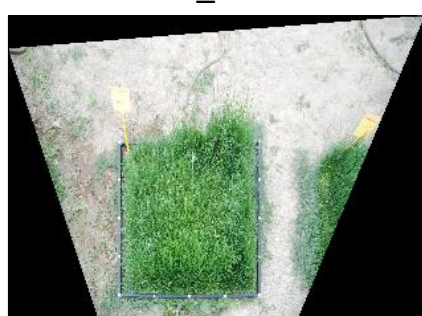
T2_R2



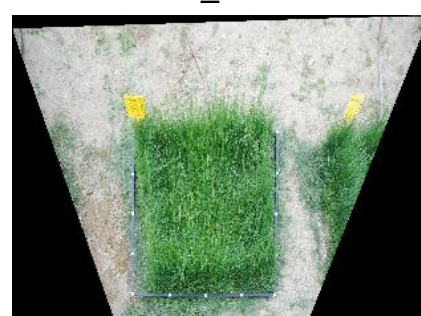
T2_R3



T3_R1



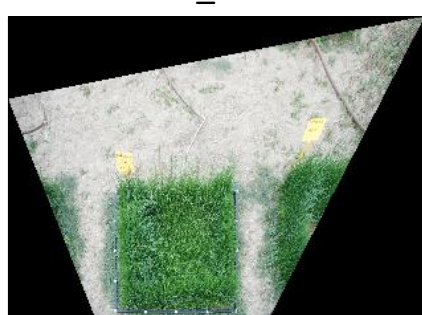
T3_R2



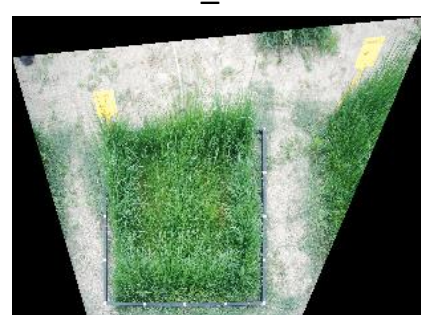
T3_R3



T4_R1



T4_R2



T4_R3



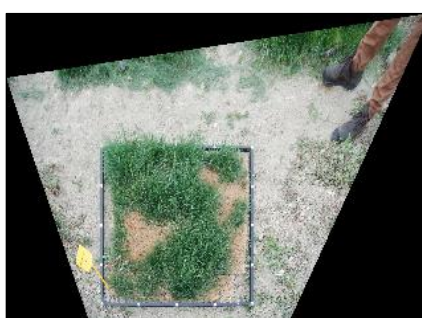
T5_R1



T5_R2



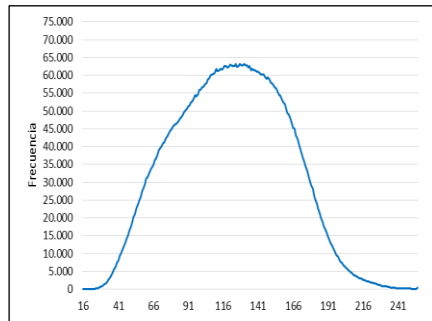
T5_R3



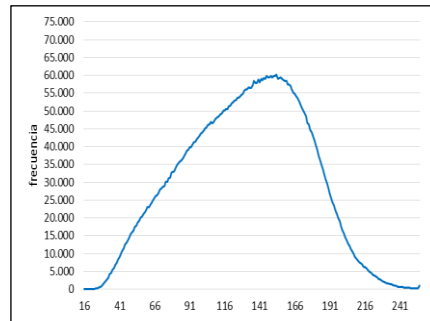
T6

6.5 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE TONOS DE VERDE (G) OBTENIDAS CON CÁMARA SEQUOIA (6ª SEMANA DE EXPERIMENTACIÓN)

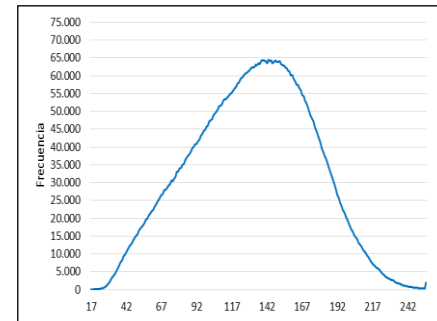
6ª Semana de ensayo



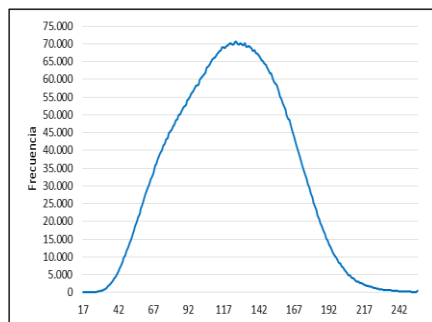
T1_R1



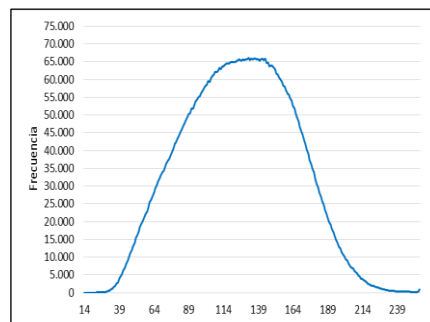
T1_R2



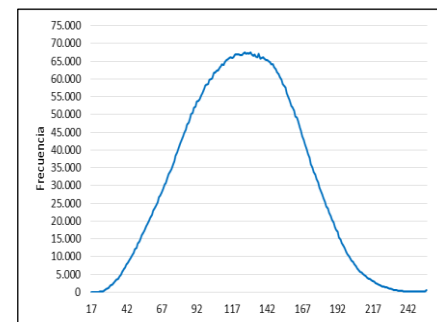
T1_R3



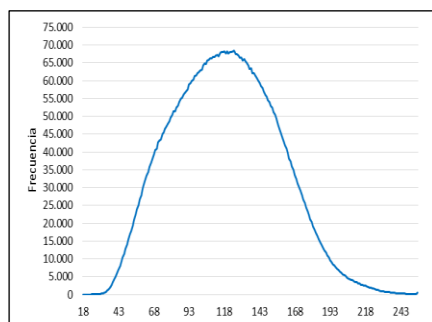
T2_R1



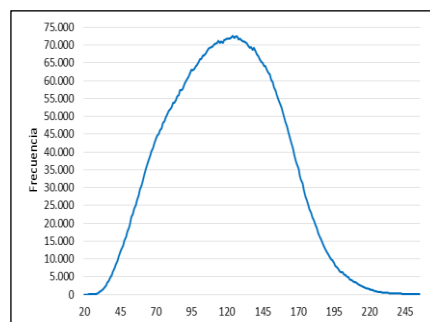
T2_R2



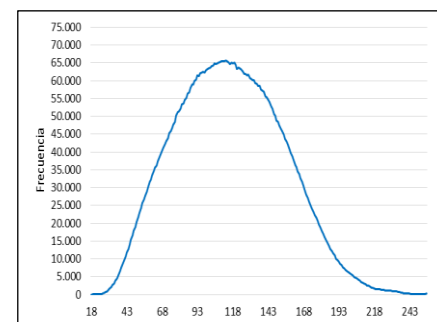
T2_R3



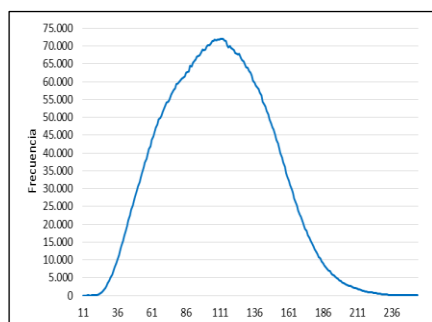
T3_R1



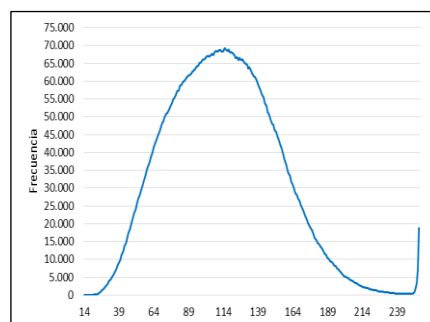
T3_R2



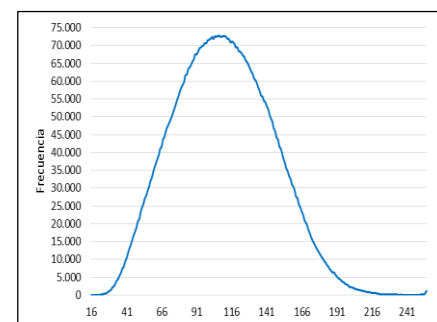
T3_R3



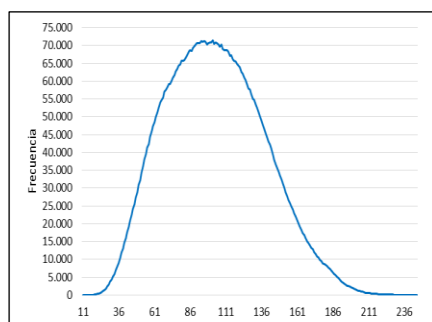
T4_R1



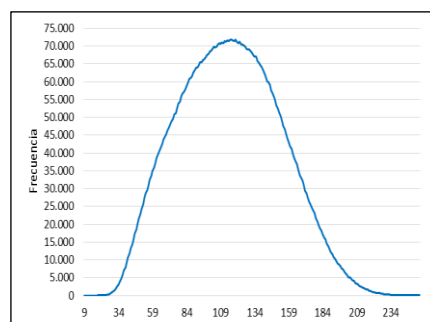
T4_R2



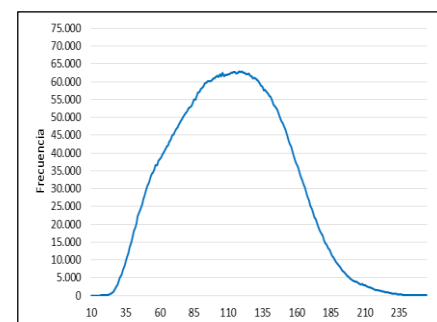
T4_R3



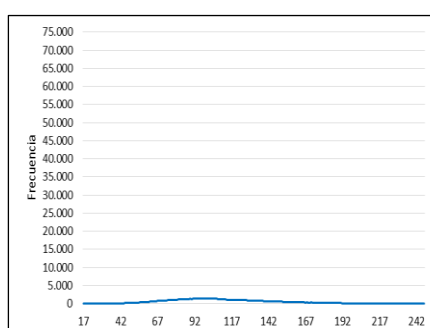
T5_R1



T5_R2



T5_R3



T6

6.6 IMÁGENES RGB RECTIFICADAS REALIZADAS CON SEQUIOIADE LA 6ª SEMANA DE EXPERIMENTACIÓN



T1_R1



T1_R2



T1_R3



T2_R1



T2_R2



T2_R3



T3_R1



T3_R2



T3_R3



T4_R1



T4_R2



T4_R3



T5_R1



T5_R2

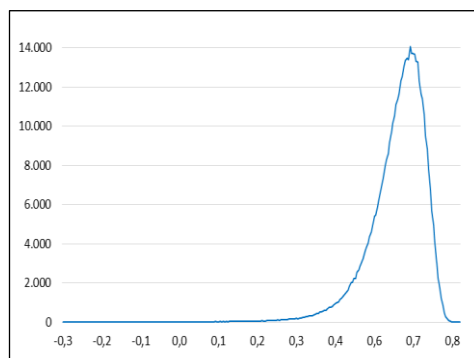


T5_R3

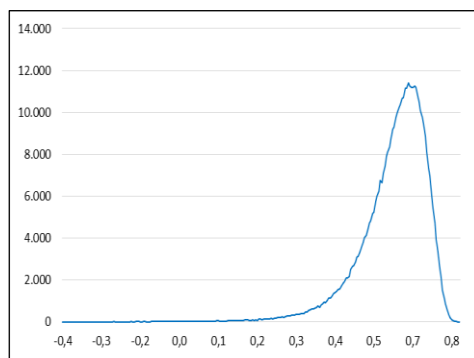


T6

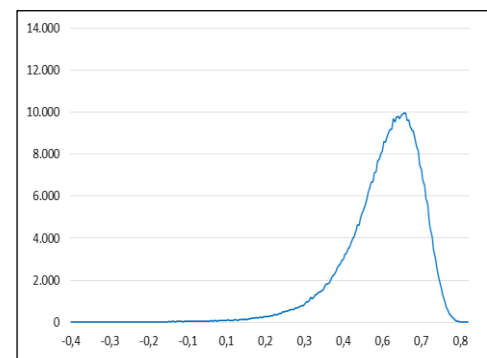
6.7 VALORES DEL NDVI



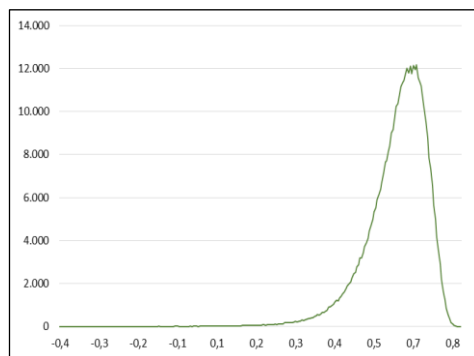
T1_R1



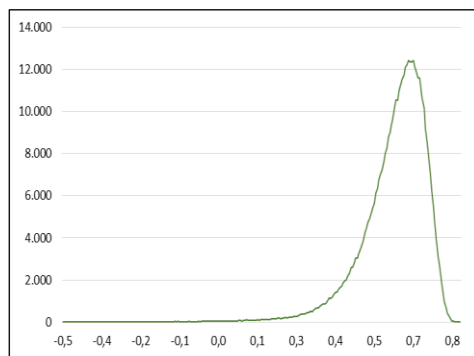
T1_R2



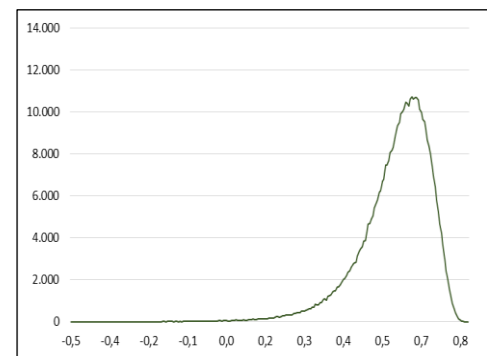
T1_R3



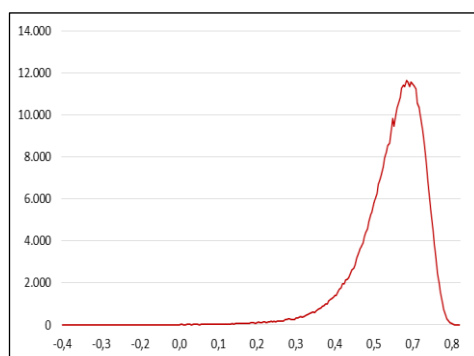
T2_R1



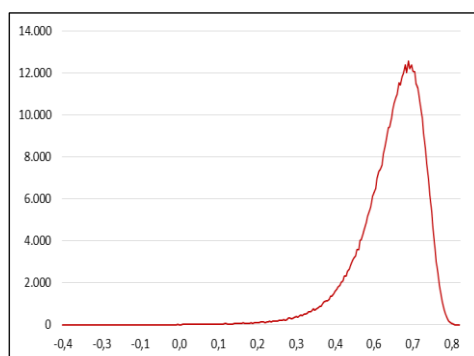
T2_R2



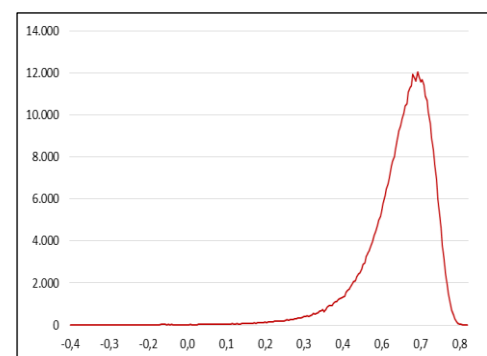
T2_R3



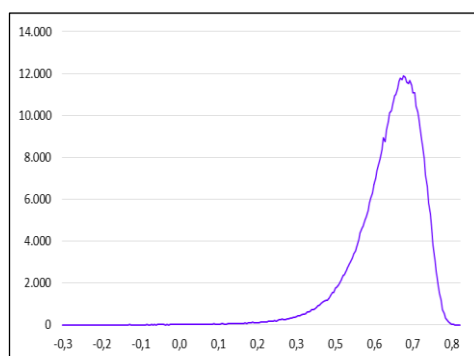
T3_R1



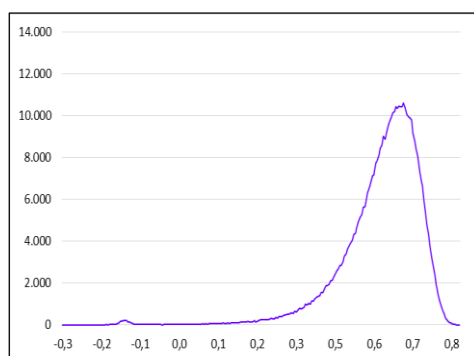
T3_R2



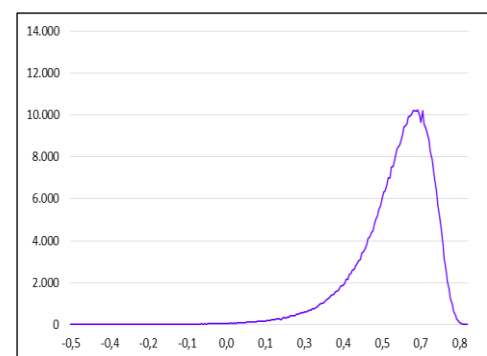
T3_R3



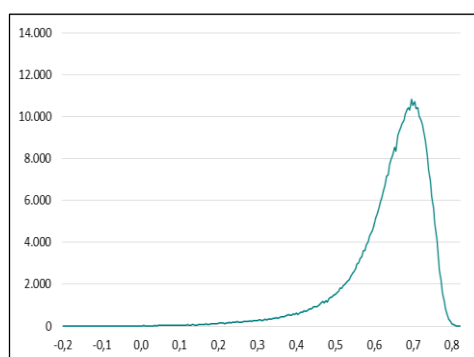
T4_R1



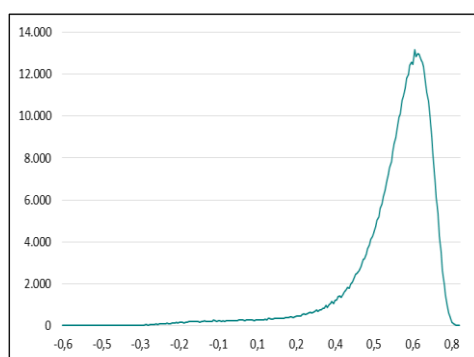
T4_R2



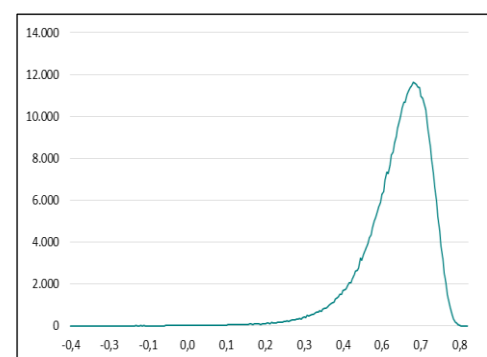
T4_R3



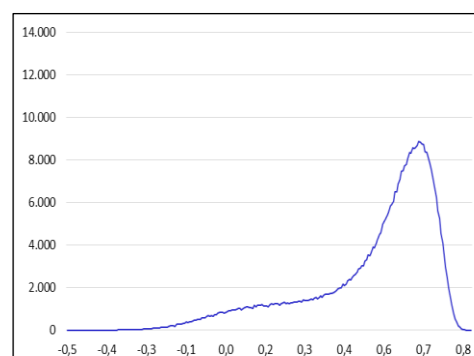
T5_R1



T5_R2



T5_R3



T6

ANEXOS

ANEXO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA

EVALUACIÓN DE MANTAS DE RIEGO FABRICADAS CON MATERIAL RECICLABLE

Autor: Alaitz Aldaz Lusarreta

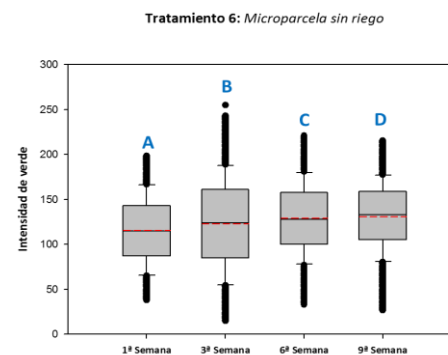
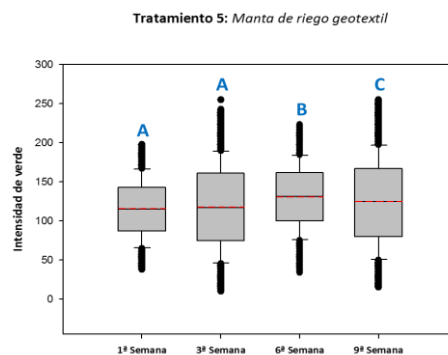
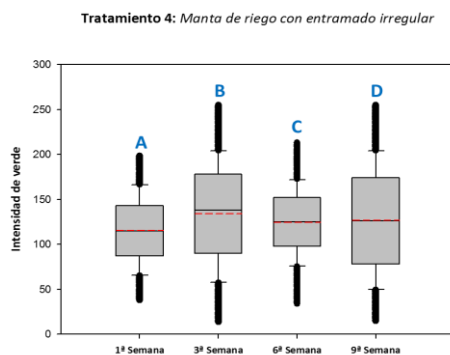
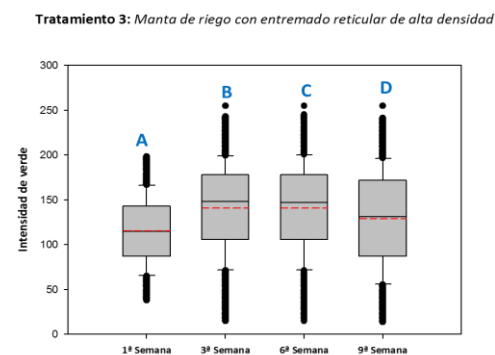
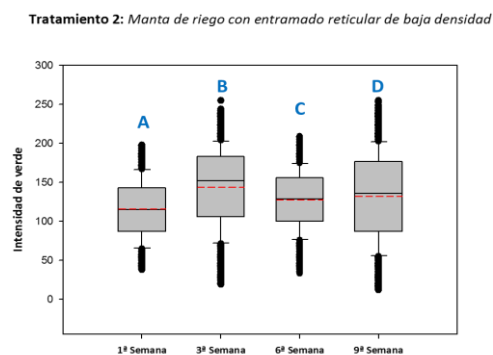
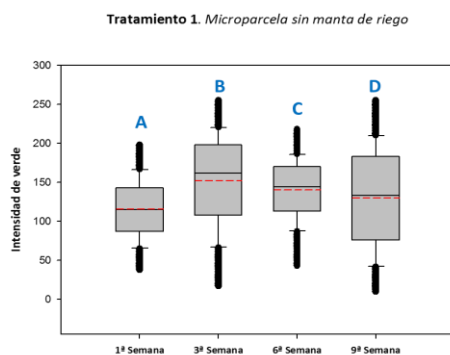
Directores: Miguel Ángel Campo Bescos
Rafael Giménez Díaz

Septiembre, 2017

7. ANÁLISIS DE VARIANZA

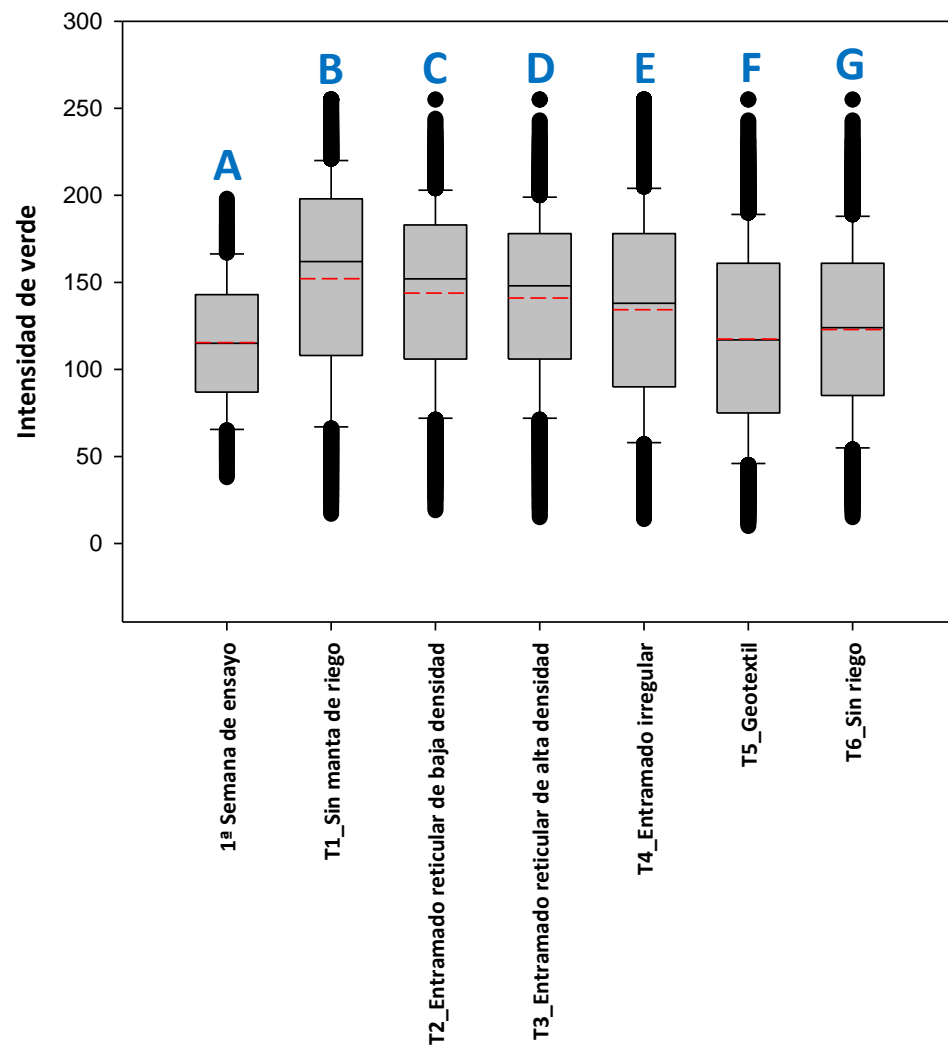
7.1 EVOLUCIÓN DE TONOS DE VERDE POR TRATAMIENTO EN EL TIEMPO

7.1.1 Evolución por tratamiento



7.1.2 Evolución semanal

3ª Semana de ensayo



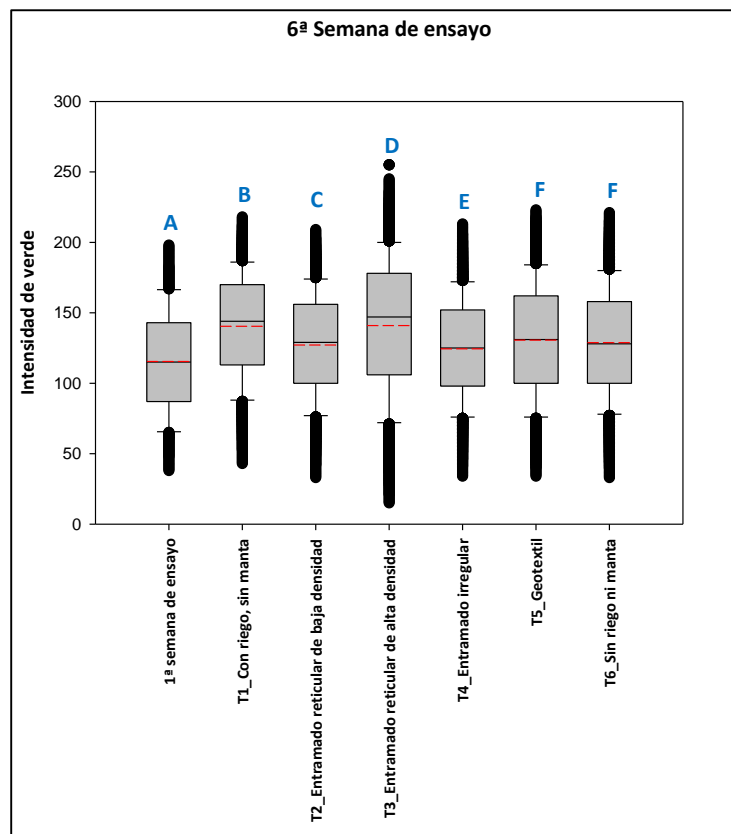


Tabla 2. Mediana y desviación estándar de cada tratamiento

	Mediana	Desviación Estándar
1ª Semana de ensayo	115	37,03
T1_Sin riego, con manta	144	37,00
T2_Entramado reticular de baja densidad	129	36,51
T3_Entramado reticular de alta densidad	147	48,14
T4_Entramado irregular	125	36,15
T5_Geotextil	131	40,19
T6_Sin riego ni manta	128	38,25

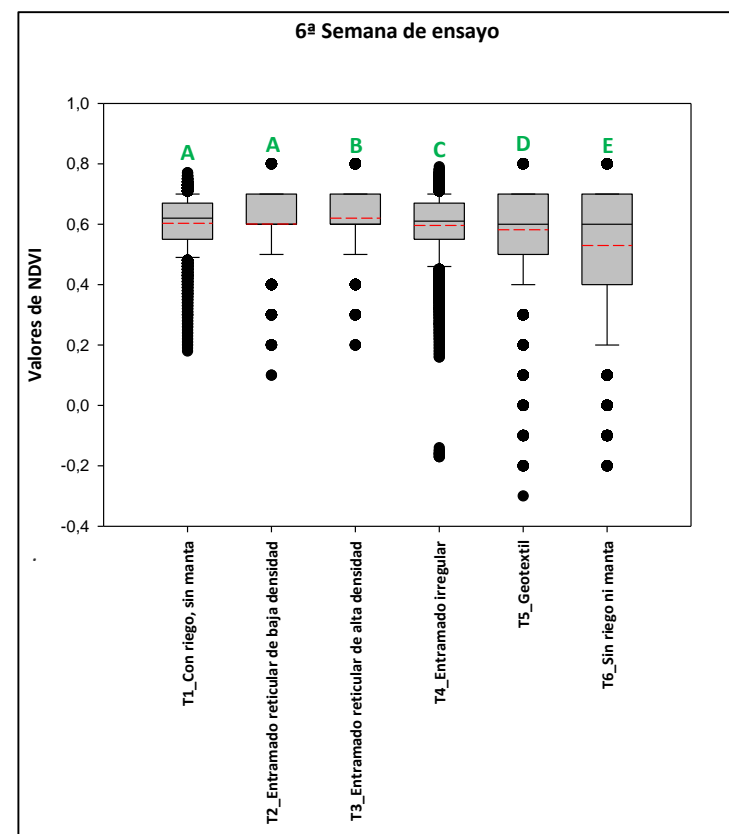
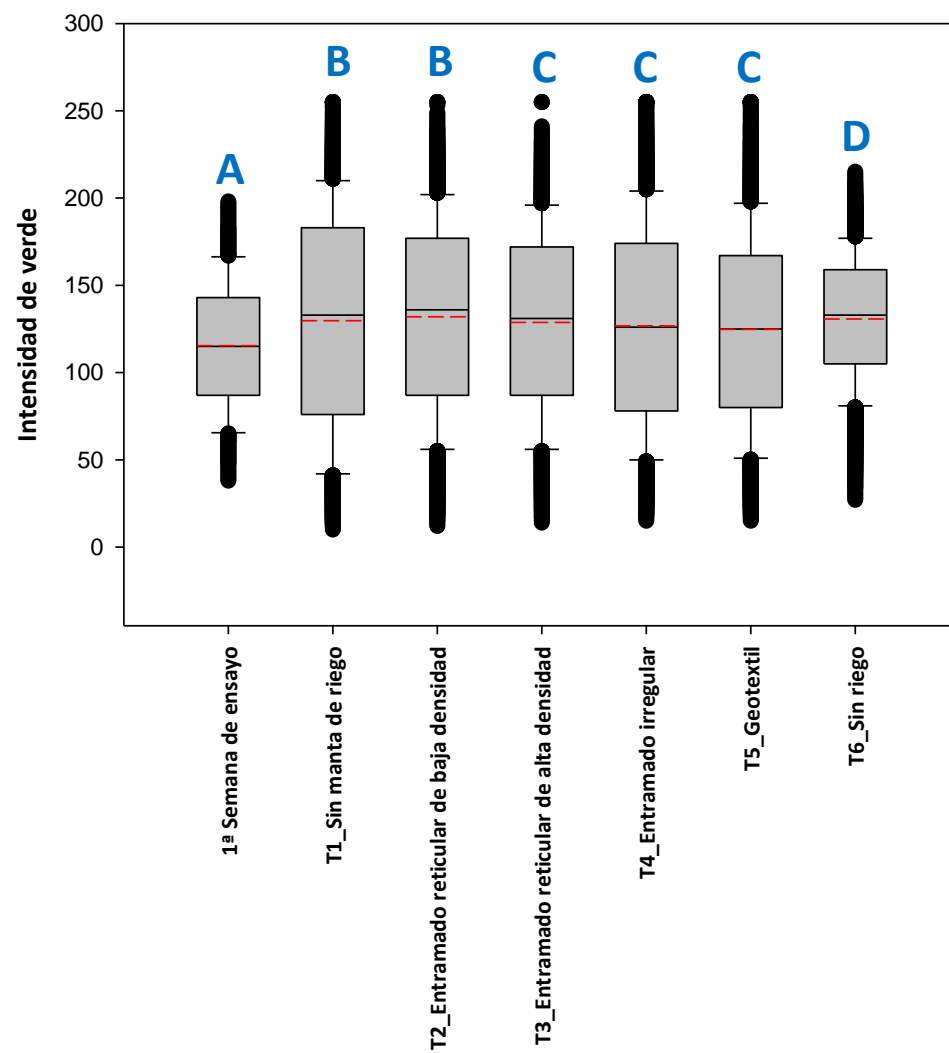


Tabla 3. Mediana y desviación estándar del NDVI de cada tratamiento

	Mediana	Desviación Estándar
T1_Sin riego, con manta	0,620	0,089
T2_Entramado reticular de baja densidad	0,600	0,098
T3_Entramado reticular de alta densidad	0,600	0,093
T4_Entramado irregular	0,610	0,104
T5_Geotextil	0,600	0,149
T6_Sin riego ni manta	0,600	0,217

9ª Semana de ensayo



7.2 RESULTADOS ANÁLISIS DE VARIANZA

7.2.1 Resultados obtenidos en el análisis de la evolución por tratamiento

Tabla 4. Resultados análisis de varianza Tratamiento 1.

TRATAMIENTO 1: Sin riego, con manta		
	Probabilidad	Solución
Todas las semanas	2E-81	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
1ª semana frente a 3ª semana	7E-45	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
3ª semana frente a 6ª semana	3E-15	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
6ª semana frente a 9ª semana	2E-11	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0

Tabla 5. Resultados análisis de varianza Tratamiento 2.

TRATAMIENTO 2: Entramado reticular de baja densidad		
	Probabilidad	Solución
Todas las semanas	2E-54	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
1ª semana frente a 3ª semana	2E-35	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
3ª semana frente a 6ª semana	1E-37	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
6ª semana frente a 9ª semana	0,0005	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0

Tabla 6. Resultados análisis de varianza Tratamiento 3.

TRATAMIENTO 3: Entramado reticular de alta densidad		
	Probabilidad	Solución
Todas las semanas	2E-42	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
1ª semana frente a 3ª semana	6E-30	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
3ª semana frente a 6ª semana	0,9632	Como $P > 0,05$ aceptamos H_0
6ª semana frente a 9ª semana	2E-17	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0

Tabla 7. Resultados análisis de varianza Tratamiento 4.

TRATAMIENTO 4: Entramado irregular de alta densidad		
	Probabilidad	Solución
Todas las semanas	2E-20	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
1ª semana frente a 3ª semana	5E-14	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
3ª semana frente a 6ª semana	1E-13	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
6ª semana frente a 9ª semana	0,0917	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0

Tabla 8. Resultados análisis de varianza Tratamiento 5.

TRATAMIENTO 5: Manta geotextil (polipropileno)		
	Probabilidad	Solución
Todas las semanas	8E-26	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
1ª semana frente a 3ª semana	0,3940	Como $P > 0,05$ aceptamos H_0
3ª semana frente a 6ª semana	6E-26	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
6ª semana frente a 9ª semana	1E-05	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0

Tabla 9. Resultados análisis de varianza Tratamiento 6.

TRATAMIENTO 6: Sin riego ni manta		
	Probabilidad	Solución
Todas las semanas	4E-23	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
1ª semana frente a 3ª semana	0,0009	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
3ª semana frente a 6ª semana	3E-07	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
6ª semana frente a 9ª semana	0,0409	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0

7.2.2 Resultados obtenidos en el análisis de la evolución semanal

Tabla 10. Resultados análisis de varianza 3ª semana de ensayo.

3ª SEMANA DE ENSAYO		
	Probabilidad	Solución
Todos los tratamientos	1E-2233	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
1ª semana frente a T1	7E-45	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T1 frente a T2	2E-10	Como $P > 0,05$ aceptamos H_0
T2 frente a T3	0,0265	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T3 frente a T4	6E-07	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T4 frente a T5	7E-38	Como $P > 0,05$ aceptamos H_0
T5 frente a T6	2E-05	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0

Tabla 11. Resultados análisis de varianza 6ª semana de ensayo.

6ª SEMANA DE ENSAYO		
	Probabilidad	Solución
Todos los tratamientos	6E-89	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
1ª semana frente a T1	3E-40	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T1 frente a T2	7E-28	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T2 frente a T3	7E-26	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T3 frente a T4	9E-40	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T4 frente a T5	3E-08	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T5 frente a T6	0,0896	Como $P > 0,05$ aceptamos H_0

Tabla 12. Resultados análisis de varianza 9ª semana de ensayo.

9ª SEMANA DE ENSAYO		
	Probabilidad	Solución
Todos los tratamientos	2E-13	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
1ª semana frente a T1	3E-07	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T1 frente a T2	0,1146	Como $P > 0,05$ aceptamos H_0
T2 frente a T3	0,0245	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T3 frente a T4	0,2079	Como $P > 0,05$ aceptamos H_0
T4 frente a T5	0,1753	Como $P > 0,05$ aceptamos H_0
T5 frente a T6	1E-07	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0

Tabla 13. Resultados análisis de varianza del NDVI en la 6ª semana de ensayo.

6ª SEMANA DE ENSAYO		
	Probabilidad	Solución
Todos los tratamientos	9E-28	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T1_NDVI frente a T2_NDVI	0,2575	Como $P > 0,05$ aceptamos H_0
T2_NDVI frente a T3_NDVI	6E-23	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T3_NDVI frente a T4_NDVI	4E-33	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T4_NDVI frente a T5_NDVI	6E-08	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0
T5_NDVI frente a T6_NDVI	2E-43	Como $P < 0,05$ rechazamos H_0